ISSN 0022-4847

台灣農業研究

第六十一卷　　第四期

研究報告

台灣金線連之天麻素萃取方法
蕭翌柱、何婉綸 259

農業生態系長期研究場址無線感測器網路建置
詹岳魁、陳琦玲、吳泓書、林晉卿、侯平君、姚銘輝、許禎坤
陳建文、林朝欽 269

台灣育成的花椰菜 F_1 商業栽培品種及其親本間遺傳歧異度之研究
羅惠齡、李碩朋、陳綉萍、蔡德琳、林照能、王三太、陳甘澍
楊堯文 285

農業試驗所昆蟲標本館館藏粉介殼蟲標本名錄
陳淑佩、翁振宇、吳文哲 298

藥劑對南美斑潛蠅（*Liriomyza huidobrensis*）（雙翅目：潛蠅科）
及其臺潛蠅繭蜂（*Opius caricivorae*）（膜翅目：小繭蜂科）
存活與生育力之影響
錢景秦、張淑貞 316

多醣預處理對冷凝除濕乾燥花椰菜品質之影響
吳宗諺、蔡淑珍、黃禮棟 330

嗜菊短頭脊沫蟬［*Poophilus costalis*（Walker, 1851）］
（半翅目：沫蟬總科：尖胸沫蟬科）之形態、取食及發育
張淑貞、石憲宗、路光暉 343

研究簡報

比較長期水旱田輪作或連作施用硫酸銨對於土壤酸鹼值之影響
譚增偉、陳桂暖 355

中華民國一〇一年十二月
行政院農業委員會農業試驗所出版
中華民國　台灣　台中市

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 61(4):259–268 (2012)

台灣金線連之天麻素萃取方法[1]

蕭翌柱[2,4] 何婉綸[3]

摘　　要

蕭翌柱、何婉綸。2012。台灣金線連之天麻素萃取方法。台灣農業研究 61:259–268。

天麻素 (gastrodin) 屬於酚類化合物，也是台灣金線連重要的次級代謝物質之一，本研究之主要目的，在於建立台灣金線連的天麻素萃取技術及比較其在不同器官中的含量變化。試驗結果顯示，鮮品材料先經冷凍乾燥預處理，再用純水作為溶劑並設定溫度在 50℃時，為萃取天麻素最適宜的條件。以純水作為溶劑的天麻素平均萃取量 (300.8 $\mu g \cdot g^{-1}$ ± 43.6 $\mu g \cdot g^{-1}$) 高於使用 99.9% 甲醇溶劑、95% 乙醇溶劑和 50% 乙醇溶液者。台灣金線連植株不同器官中，以根系的天麻素含量最高 (2241.7 $\mu g \cdot g^{-1}$ ± 331.8 $\mu g \cdot g^{-1}$) 且依序大於花朵 (660.0 $\mu g \cdot g^{-1}$ ± 179.1 $\mu g \cdot g^{-1}$)、葉片 (402.5 $\mu g \cdot g^{-1}$ ± 50.8 $\mu g \cdot g^{-1}$)、花序軸 (285.0 $\mu g \cdot g^{-1}$ ± 35.4 $\mu g \cdot g^{-1}$) 或莖 (273.3 $\mu g \cdot g^{-1}$ ± 33.3 $\mu g \cdot g^{-1}$) 等部位。本研究成果未來將可提供量產高優質台灣金線連種苗及研發保健產品之重要參考。

關鍵詞：台灣金線連、萃取、天麻素。

前　　言

台灣金線連 (*Anoectochilus formosanus* Hayata) 為蘭科多年生草本植物，屬於地生蘭類 (Leou 2000)，近百年來，早已被我國民間視為保健功效卓著的珍稀植物，故另有藥王、藥虎、鳥蔘、金線蓮、虎頭蕉及雉雞草等名稱 (Chiu & Chang 1995)，其主要分布於海拔 800–1500 m 冷涼、高濕的原始林蔭處，生育適溫約為 18–24℃，在台北市陽明山、宜蘭棲蘭山、新竹司馬庫斯山區、南投水社大山、嘉義奮起湖一帶及南部的南仁山等原始林地均可見其蹤跡。根據近代刊行的藥草典籍記載，台灣金線連性味甘、平，入肝、脾、腎三經，故民間常用為清涼解熱、袪風活血、止血、解鬱、強心、利尿，降血糖、降血壓，治肝亢、肝炎、肺病 、肺癆、胸腹痛、小兒發育不良、蛇類咬傷及肝脾諸臟器疾病之滋養強壯劑 (Kan 1979; Kan 1986)。

有關台灣金線連藥效和藥理的動物試驗報告，現已初步證實純水抽出液對於四氯化碳 (CCl_4) 誘發的肝臟毒性，具有降低體內麩氨基酸草醋酸轉氨基酵素 (glutamic oxaloacetic

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2692 號。接受日期：101 年 7 月 30 日。
2. 本所作物種原組助理研究員。台灣 台中市。
3. 本所生物技術組計畫助理。台灣 台中市。
4. 通訊作者，電子郵件：yjshiau@tari.gov.tw；傳真機：(04)23331705。

transaminase, GOT) 及麩氨基酸焦葡萄轉氨基酵素 (glutamic pyruvic transaminase, GPT) 的作用，且保肝效果優於絞股藍和靈芝等藥材，另在抗腫瘤、抗發炎、抗氧化作用、免疫調節作用、保肝、降高血糖及降高血脂等方面，亦有正面的助益；此外，國內、外學者們也相繼在台灣金線連根莖部位檢測發現含有抑制血小板中前列環素產生的物質，葉片則含有促進內皮組織中前列凝素合成的成分，此類活性化合物質在治療心血管疾病可能具有正面效用 (Mak *et al.* 1990; Huang *et al.* 1991)。後續的研究也顯示，在台灣金線連植株萃取液另含有金線連醣苷 (kinsenoside)、金線連酮 (kincenone) 及天麻素 (gastrodin) 等機能性成分，且其抗氧化能力足以媲美銀杏葉和兒茶素 (Ito *et al.* 1993; Du *et al.* 1998; Hung 2000; Wang *et al.* 2002; Tzeng 2005)。天麻素屬於天然的酚類化合物，亦為深具保健功效的植物次級代謝物質 (Zhou *et al.* 1979)，目前市售各類含天麻素之高價保健食品或營養液，其成分大多萃取自蘭科有名的中藥材-天麻，由於台灣金線連全草萃取液中也被發現含有天麻素和天麻苷元 (gastrodigenin) 等珍貴成分，故可作為台灣金線連品質分析的重要指標，更可藉此與一般傳統藥草市場中常被混用的 *Goodyera* 屬及 *Zebrina* 屬植物進行區別 (Lin & Namba 1981)。

現階段有關天麻素成分在台灣金線連植株各器官間的含量變化迄今仍未見報導，且最適當的天麻素萃取技術仍有賴進一步加以確立，故本研究之主要目的，在於有系統地探討台灣金線連植株體內天麻素成分的分布情形及最佳的萃取方法與條件，並檢測不同栽培時期對於含量高低的影響。上述各項試驗成果，將有助於建立台灣金線連天麻素的分析技術和栽培方針，未來，若能應用於量產高優質種苗及有用次級代謝物保健產品的開發，不但有助於農村經濟之繁榮和提高農民收益，更有利於我國農業生技產業的發展且兼顧自然資源永續利用的目標。

材料與方法

天麻素之萃取流程及分析條件

萃取流程：秤取供試樣本鮮重並分置於長、寬、高各為 38.5、28.5 和 2.4 cm 的不鏽鋼鐵盤後進行乾燥處理。乾燥樣本精秤其乾物重再磨粉取樣，每次試驗各取 0.2 g 粉末，在加入 10 mL 溶劑後，以 Elma® 超音波震盪器 (T-760DH, Germany) 進行 1 小時的震盪及定溫萃取。萃取液在 Hermle™ 高速離心機 (Z383K, Germany) 及 15℃定溫條件下，以轉速 5000 rpm 離心 10 分鐘，再吸取上清液。取得的上清液以 Speed Vac® 真空減壓離心濃縮機 (SC110, NY) 進行濃縮，再用去離子水定量至 5 mL，經 0.22 μm 微孔過濾膜過濾後，使用高效液相層析儀 (HPLC) 進行分析。

高效液相層析儀分析條件：分析天麻素使用的 HPLC 系統包括分離模組 (Waters 2695 HPLC separation module, USA)、紫外光/可見光偵測器 (2489 UV/Visible Detector, USA) 以及自動樣品注入器。固定相 (stationary phase) 使用 Atlantis® dC18 (5 μm, 4.6 mm × 250 mm Waters, Ireland) 且管柱溫控設定為 40℃；移動相 (mobile phase) 則是超純水及乙腈 (ACN, Germany) (95：5; v/v) 混合溶液，並在流速 0.5 $mL \cdot min^{-1}$ 條件下，以濃度梯度 (gradient) 方式進行流注。所有供試樣本和標準品溶液在光電矩陣檢測器以 220 nm 光波長進行檢測前，先以 0.22 μm 過濾膜 (Millipore, Carrigtwohill, Co. Cork, Ireland) 濾除雜質，再以每次 30 μL 的注射量進行含量分析。本試驗使用之天麻素標準品購自中華醫藥產業股份有限公司 (Lot. 20071114，台灣)，並且先用去離子水溶解後，再分別配製成 1、10、50、100 和 200 $\mu g \cdot mL^{-1}$ 的標準濃度，以繪製標準檢量線及層析光譜。

天麻素之萃取及定量試驗

不同溶劑對於天麻素萃取量的影響：台灣金線連苗株經馴化出瓶再移植於黑色培育盤 (長 × 寬 × 高 = 26 cm × 46 cm × 6.5 cm)，每盤種植 80 株，待溫室栽培 2 個月後進行採樣。每次取用 20 株作為供試樣本，先用 50℃ 烘箱烘乾後，再依前述流程進行萃取，試驗使用的溶劑種類分別為 99.9% 甲醇 (Mallinckrodt Chemical Ltd., USA)、95% 乙醇 (Taiwan Sugar Corporation, Taiwan)、50% 乙醇水溶液和去離子水等四種，萃取時之水浴溫度設定為 50℃ 並待各處理組取得萃取液再分別檢測和比較天麻素的含量。

不同水溫對於天麻素萃取量的影響：台灣金線連苗株經馴化且出瓶移植於如上述之黑色培育盤中，經溫室栽培 2 及 3 個月後進行採樣，供試樣本先用 50℃烘箱烘乾再依前述萃取流程進行製備，並使用去離子水作為萃取溶劑；萃取時之水浴溫度分別設定為 25、50 和 90℃，並待各處理組取得萃取液再分別檢測和比較天麻素的含量。

不同月份移植栽培對於天麻素萃取量的影響：在 2009 年 5、7 和 9 月份分別將台灣金線連瓶苗馴化出瓶並移植於黑色培育盤中，經溫室栽培 2 個月後採樣。供試樣本先用 50℃烘箱烘乾再依前述萃取流程進行製備，並使用去離子水作為萃取溶劑，萃取成分之水浴溫度設定為 50℃，各處理組取得萃取液後，再分別檢測和比較天麻素的含量。

不同乾燥方法對於天麻素萃取量的影響：台灣金線連苗株經馴化出瓶，再分別栽種於溫室 2 和 3 個月後進行採樣，供試樣本分別採用 50℃熱風乾燥機 (DO-60，乾曜，台灣) 或是 -20℃冷凍乾燥機 (FD-25B3P8，宏誠，台灣) 進行乾燥處理，乾燥後的樣本再依前述萃取流程進行製備，並使用去離子水作為萃取溶劑；萃取時之水浴溫度設定為 50℃，並待各處理組取得萃取液再分別檢測和比較天麻素的含量。

植株不同器官之天麻素含量比較：本試驗使用的台灣金線連植株購自南投縣埔里鎮鍾鼎江先生之山城園藝場，其苗株係自 2008 年 8 月份馴化出瓶並移植於塑膠網籃 (直徑 28 cm；高 10 cm)，每籃種植數量 60 株，再於外圍包覆一層透明塑膠袋進行培育。在溫室栽培 1 年 2 個月後，植株完成抽苔並有花朵開始綻放時進行採樣分析，每 1 重複逢機採樣 10 株。供試植株先以解剖刀由上而下切取不同部位，並依序區分為花朵、花序軸、莖、葉片和根等五種器官，再個別採用 -20℃冷凍乾燥處理，乾燥後的樣本再依前述萃取流程進行製備，並使用去離子水作為萃取溶劑，萃取時之水浴溫度設定為 50℃，待各部位處理組取得萃取液再使用高效液相層析儀檢測和比較天麻素含量。

試驗統計分析

以上試驗每一處理皆重複 3 次，獲得的資料計算各處理之算術平均值及其標準機差 (standard error, SE)，並以SAS (SAS Institute Inc. 2001) 統計軟體進行變方分析 (analysis of variance, ANOVA)，在 5% 顯著性水準下以最小顯著差異性測驗 (least significant difference test, LSD test) 檢定各處理間差異的顯著性。

結　果

不同溶劑對於天麻素萃取量的影響

台灣金線連苗株經馴化且出瓶移植於溫室 2 個月後，生長勢強健且未受病蟲危害，可進行採樣及烘乾作為供試樣本。試驗分析結果顯示，使用 99.9% 甲醇作為溶劑所萃取得到之台灣金線連天麻素含量為 183.3 $\mu g \cdot g^{-1}$ ± 40.1 $\mu g \cdot g^{-1}$ (圖 1)；以 95% 乙醇作為溶劑萃取到的天麻素含量最少，僅有 34.2 $\mu g \cdot g^{-1}$ ± 15.3 $\mu g \cdot g^{-1}$；使用 50% 乙醇水溶液作為溶劑時，其天麻素萃取量有 148.3 $\mu g \cdot g^{-1}$ ± 22.4 $\mu g \cdot g^{-1}$；至於，以去

離子水作為溶劑萃取到的天麻素含量則最高為 300.8 μg·g^{-1} ± 43.6 μg·g^{-1}，故萃取效能經比較後顯著優於其他各處理組。

不同水溫對於天麻素萃取量的影響

在溫室栽培 2 及 3 個月之台灣金線連植株經採樣及烘乾後，供試樣本選擇以去離子水作為溶劑，並在 25℃水浴溫度中振盪萃取的天麻素含量分別為 193.3 μg·g^{-1} ± 48.7 μg·g^{-1} 及 116.7 μg·g^{-1} ± 30.7 μg·g^{-1} (圖 2)；以 50℃振盪萃取的天麻素含量最高，分別為 284.2 μg·g^{-1} ± 81.4 μg·g^{-1} 及 275.0 μg·g^{-1} ± 35.4 μg·g^{-1}，且數值顯著高於其他處理組；若是水浴萃取溫度提高至 90℃，其天麻素萃取量反而降低，分別僅有 125.8 μg·g^{-1} ± 18.3 μg·g^{-1} 和 89.7 μg·g^{-1} ± 26.7 μg·g^{-1}。

不同月份移植栽培對於天麻素萃取量的影響

在不同月份進行移植並於溫室栽培 2 個月之台灣金線連植株，經採樣烘乾後振盪萃取的天麻素含量，在 2009 年 5 月份夏季種植者為 300.8 μg·g^{-1} ± 43.6 μg·g^{-1} (圖 3)；在 7 月份種植者則為 284.2 μg·g^{-1} ± 81.4 μg·g^{-1}；至於，在 9 月份秋季種植者為 314.2 μg·g^{-1} ± 71.9 μg·g^{-1}，三種處理組經比較後並無顯著差異。

不同乾燥方法對於天麻素萃取量的影響

在溫室栽培 2 及 3 個月之台灣金線連植株經採樣並以 50℃熱風乾燥機烘乾後，供試樣本以去離子水作為溶劑並在 50℃水浴振盪萃取的天麻素含量分別為 284.2 μg·g^{-1} ± 81.4 μg·g^{-1} 及 275.0 μg·g^{-1} ± 35.4 μg·g^{-1} (圖 4)；若使用 -20℃冷凍乾燥機進行乾燥再振盪萃取的天麻素含量分別為 616.7 μg·g^{-1} ± 20.5 μg·g^{-1} 及 650.0 μg·g^{-1} ± 113.3 μg·g^{-1}，顯著高於以熱風乾燥之處理組。

植株不同器官之天麻素含量比較

逢機採收在溫室栽培期已達 1 年 2 個月以上且抽苔開花之台灣金線連植株，以解剖刀分別切取花朵、花序軸、莖、葉片和根等五種不同部位器官，各供試部位先以 -20℃

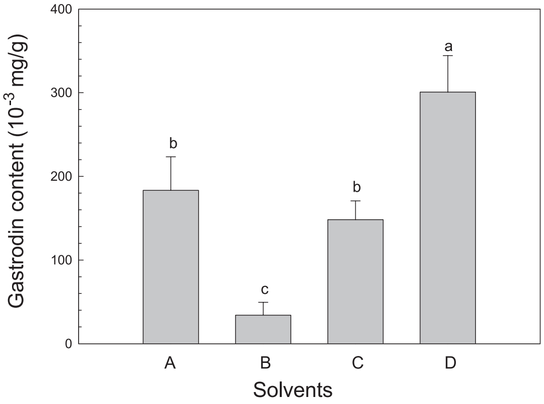

圖 1. 不同溶劑對於台灣金線連植株天麻素萃取量之影響。(A) 99.9% 甲醇；(B) 95% 乙醇；(C) 50% 乙醇水溶液；(D) 去離子水。試驗計算平均值和標準機差 (n = 3)。

Fig. 1. Effect of various solvents on extraction contents of gastrodin of *Anoectochilus formosanus* Hayata. Solvents: (A) 99.9% methanol; (B) 95% ethanol; (C) 50% ethanol solution, and (D) deionized water. Vertical bars indicate standard error (n = 3).

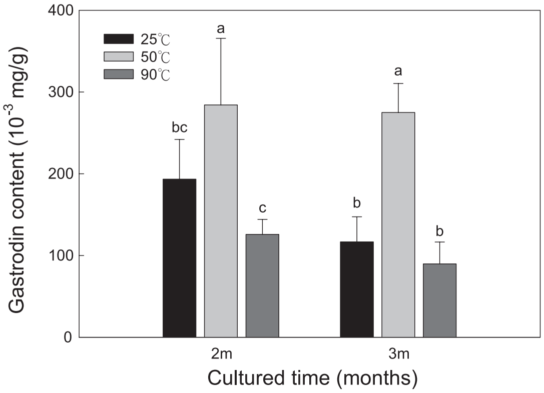

圖 2. 不同水溫對於台灣金線連植株天麻素萃取量之影響。試驗計算平均值和標準機差 (n = 3)。

Fig. 2. Effect of various water temperatures (25, 50, and 90℃) on extraction contents of gastrodin of *Anoectochilus formosanus* Hayata. Vertical bars indicate standard error (n = 3).

冷凍乾燥後，採用上述最適宜的條件進行振盪萃取，其花朵萃取液經比對高效液相層析儀層析圖譜 (圖 5) 得知，天麻素含量為 660.0 μg·g^{-1} ± 179.1 μg·g^{-1} (圖 6)；花序軸以

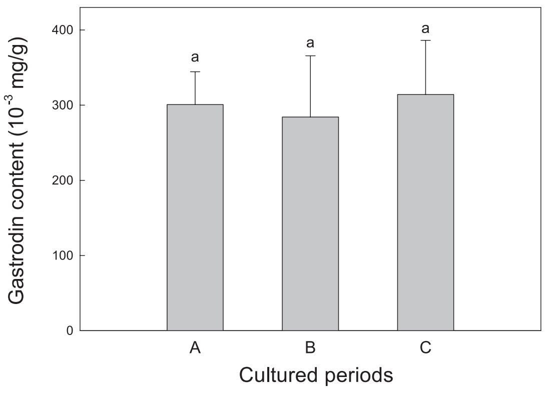

圖 3. 不同栽培時期對於台灣金線連植株天麻素含量之影響。(A) 五月–六月；(B) 七月–八月；(C) 九月–十月。試驗計算平均值和標準機差 (n = 3)。

Fig. 3. Effect of various cultural periods on extraction contents of gastrodin of *Anoectochilus formosanus* Hayata. Cultured period: (A) May–June; (B) July–August, and (C) September–October. Vertical bars indicate standard error (n = 3).

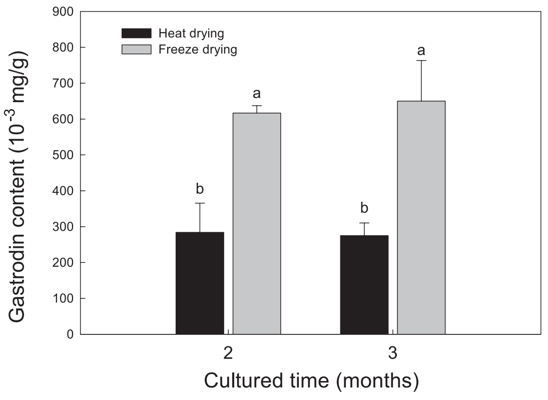

圖 4. 不同乾燥方法 (烘乾法和冷凍乾燥法) 對於培養 2 個月及 3 個月的台灣金線連植株天麻素萃取量之影響。試驗計算平均值和標準機差 (n = 3)。

Fig. 4. Effect of various drying methods (heat-dried and freeze-dried) on extraction contents of gastrodin from 2-month-old and 3-month-old plantlets of *Anoectochilus formosanus* Hayata. Vertical bars indicate standard error (n = 3).

及莖節的含量各僅有 285.0 $\mu g \cdot g^{-1}$ ± 35.4 $\mu g \cdot g^{-1}$ 及 273.3 $\mu g \cdot g^{-1}$ ± 33.3 $\mu g \cdot g^{-1}$；葉片部位的天麻素含量則為 402.5 $\mu g \cdot g^{-1}$ ± 50.8 $\mu g \cdot g^{-1}$；至於植株根段之天麻素含量最高，平均達到 2241.7 $\mu g \cdot g^{-1}$ ± 331.8 $\mu g \cdot g^{-1}$，經比較後顯著高於其他部位，經換算含量比值約為莖節之 8.2 倍，若計算全植株天麻素之平均含量則為 772.5 $\mu g \cdot g^{-1}$。

討　論

天麻素是台灣金線連和天麻 (*Gastrodia elata* Blume) 等珍稀藥用保健植物主要活性成分之一，此種重要成分的藥物動力學研究已取得良好的進展 (Chiang 2003)，且其藥理試驗也證明具有鎮靜、安眠、抗驚厥、增強記憶力和延遲衰老等功效 (Hsieh *et al.* 1997; Kim *et al.* 2001)，至於改善腦部血管供氧狀況和神經衰弱症也有正面的助益。本研究係取天麻素作為評估台灣金線連供試樣本品質的指標成分並探討最適當的萃取條件與方法。近年曾有報導指出，收集自大陸貴州、山西和雲南地區的天麻種原，可先以 -70℃的低溫冷凍儲藏後，再使用 70% 乙醇水溶液萃取天麻素進行 HPLC 含量檢測與分析 (Tao *et al.* 2009)；但本試驗結果得知，台灣金線連樣本先以 -20℃冷凍乾燥後，若以純水作為溶劑再設定提取溫度為 50℃的條件，則天麻素的萃取量將較使用 99.9% 甲醇或乙醇溶劑者高 (圖 1)，此一結果也與學者發表純水之萃取率遠高於使用乙醇溶劑 (Liu *et al.* 2002) 的結論相符。此外，台灣金線連樣本以 90℃的高溫進行水萃，結果顯示天麻素的提取效能比使用 50℃者低 (圖 2)，其原因可能是天麻素長期處於高水溫環境下容易受到破壞分解，故建議國人在日常燉補時，可待其他中藥及食材煮熟完成後，再放入已清洗乾淨並經沸水迅速川燙殺菌過之台灣金線連鮮品一起食用，此種方式應有助於提高台灣金線連良好的保健成效。

在夏、秋二季依不同月份移植及栽培台灣金線連種苗 2 個月後，檢測各處理組間之天麻素含量似無顯著的差異 (圖 3)；若比較栽培期

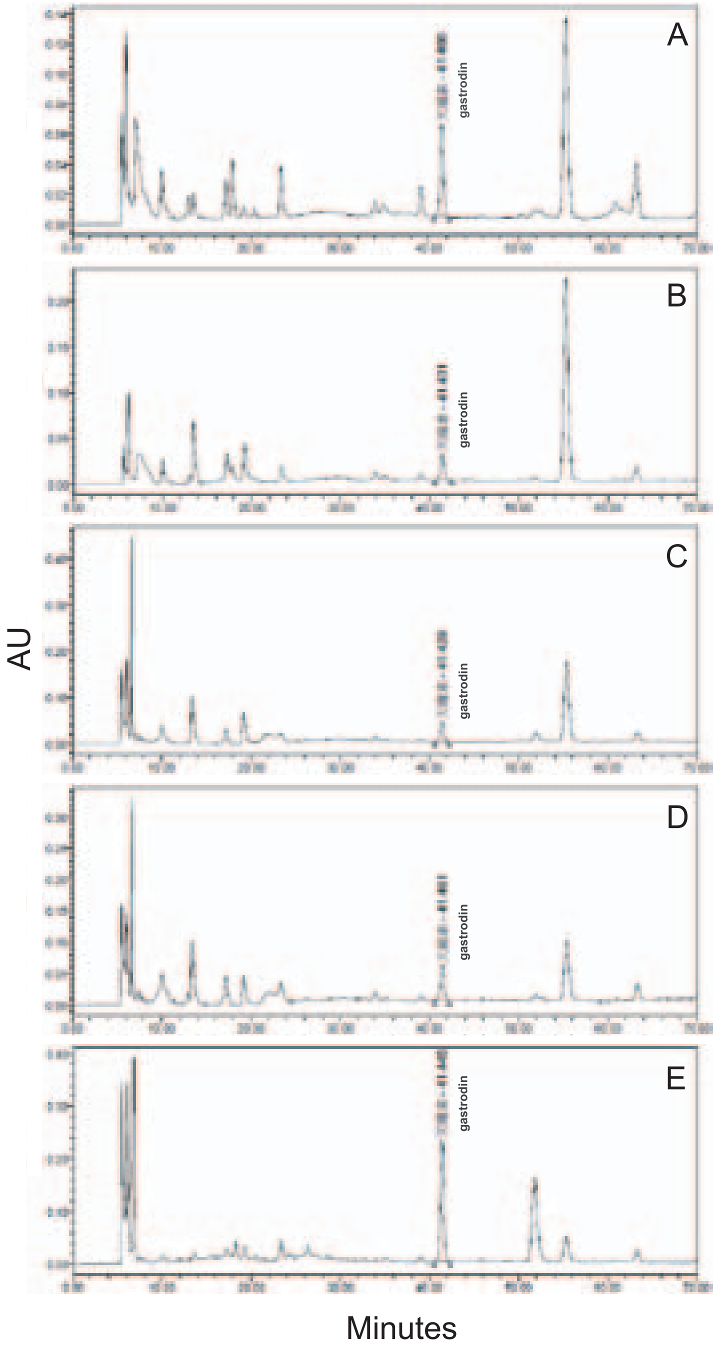

圖 5. 台灣金線連植株不同器官之天麻素含量高效液相層析儀 (HPLC) 層析光譜。(A) 花朵；(B) 花序軸；(C) 莖；(D) 葉片；(E) 根。

Fig. 5. The high performance liquid chromatography (HPLC) chromatograms of gastrodin content in various plantlet organs of *Anoectochilus formosanus* Hayata. Plantlet organs: (A) flower; (B) rachis; (C) stem; (D) leaf, and (E) root.

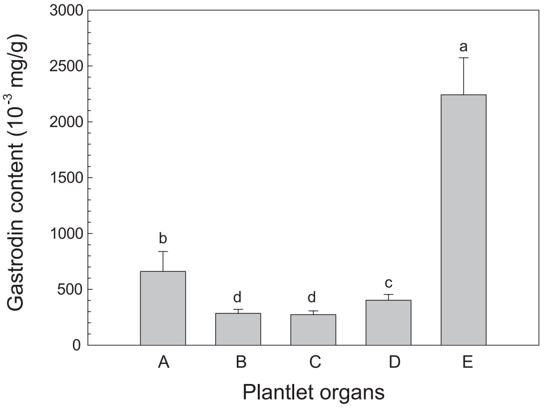

圖 6. 台灣金線連植株培養 1 年 2 個月後不同器官之天麻素含量。(A) 花朵；(B) 花序軸；(C) 莖；(D) 葉片；(E) 根。試驗計算平均值和標準機差 (n = 3)。

Fig. 6. Contents of gastrodin in various plantlet organs of *Anoectochilus formosanus* Hayata cultured for one year and two months. Plantlet organs: (A) flower; (B) rachis; (C) stem; (D) leaf, and (E) root. Vertical bars indicate standard error (n = 3).

2 和 3 個月供試植株的天麻素含量雖無顯著不同 (圖 4)，但Tzeng (2005) 的調查結果卻顯示台灣金線連瓶苗 (初始鮮重約 1.1 g/株、莖徑 2.2 mm) 在馴化移植 2 和 3 個月後，天麻素含量會先降低，再隨著栽培期的增加逐步回升，此一結論和本試驗 (初始鮮重平均 1.7 g/株、莖徑 2.5 mm) 獲得的數據不盡相同，推測主要原因可能與選用的瓶苗株齡、栽培環境及種苗根系發育情形有關。以本試驗的檢測結果為例，台灣金線連苗株培養 1 年 2 個月後，分析不同部位器官的天麻素含量以根部最高 (圖 5、6)，平均可達到 2241.7 $\mu g \cdot g^{-1}$，花朵的含量次之為 660.0 $\mu g \cdot g^{-1}$，莖 (273.3 $\mu g \cdot g^{-1}$) 和葉片 (402.5 $\mu g \cdot g^{-1}$) 部位含量則偏低，因此，當根系數目愈多和生長勢愈強健且其生物量占全植株重量的比例愈高時，計算全株的天麻素平均含量可能比其他較瘦弱的苗株高，換言之，若移植 2 或 3 個月的苗株發育健壯且栽培環境和溫度均適宜時，彼此間的天麻素含量應無顯著差異。

天麻素等次級代謝物質早已被研究學者們完成結構鑑定，並確認其為植物體自生的酚類化合物 (Zhou *et al.* 1979; Hayashi *et al.* 2002; Pyo *et al.* 2004)，酚類、萜類 (terpenoids) 及生物鹼 (alkaloids) 等物質，大多是由植物體內之碳水化合物、脂肪或胺基酸進行生化代謝及衍生而來，故皆屬於植物體內重要的代謝產物。以化學結構而言，酚類化合物至少是以一個羥基或衍生官能基連結在芳香族環系統 (aromatic ring system) 的物質。植物體除正常的代謝功能外，其生合成酚類化合物的主要目的在於癒傷、抗菌或抗逆境。植物在生長發育期間，若受到自然界天候變化及風雨吹襲、相互碰撞、昆虫叮咬、鳥獸啃食或人為切取與刻傷等外部侵害時，其自體會啟動氧化酵素活性並催化一連串的生化反應，待生成的酚類與其他次級代謝物質蓄積於傷口處，再經氧化作用後產生褐化物質，即能避免汁液持續外流並具有防止病原菌感染的作用 (Marks & Simpson 1990; Cheng & Crisosto 1995)。有些研究指出，植物荷爾蒙或生長調節劑的種類與濃度，會影響植物酚類物質的生成量，例如，培養基中添加高濃度的生長激素 (auxin) 將減緩酚類物質的生合成 (Zaid 1987)；但細胞分裂素 (cytokinin) 對於酚類化合物之生合成則有刺激作用 (Asahira & Nitsch 1969)。由於植物的根尖是細胞分裂素主要的合成位置，且可藉由根的木質部或輸導組織運移至地上部未成熟種子或發育中的果實，此可能也是台灣金線連根系和花朵二個部位比花序軸、莖節和葉片等部位存有較高濃度天麻素的原因 (圖5、6)。

本研究除先前已建置完成的天麻素高效液相層析儀分析技術外，綜合上述各項試驗結果得知，台灣金線連植株先經 -20℃冷凍乾燥處理後，採用純水作為溶劑並在設定提取溫度為 50℃的條件下，可萃取到較多量的天麻素成

分，此亦為最適當的萃取條件，此外，台灣金線連的根部為天麻素含量最高的部位，在栽培過程中若能誘導產生大量健壯的根系並促進其發育，對於提高天麻素成分的產出量應有明顯的效益，因此，本研究成果將有助於提供未來應用於量產高優質台灣金線連種苗及有用次級代謝物保健產品開發之重要參考。

誌 謝

本試驗承農委會主管科技計畫經費補助(98農科-5.3.3-農-C1)，特此申謝。

引用文獻 (Literature cited)

Asahira, T. and J. P. Nitsch. 1969. Effect of polarity and kinetin on the browning reaction of *Dioscorea batatas* and *D. japonila*. Planta 84:292–294.

Cheng, G. W. and C. H. Crisosto. 1995. Browning potential, phenolic composition, and polyphenol-oxidase activity of buffer extracts of peach and nectarine skin tissue. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120:835–838.

Chiang, F. M. 2003. The Pharmacokinetic Studies of Gastrodin, *p*-Hydroxybenzyl Alcohol and Uracil The Constituents of *Anoectochilus formosanus* Hayata. Master Thesis, Graduate Institute of Chinese Pharmaceutical Sciences, China Medical University. Taichung. 102 pp. (in Chinese with English abstract)

Chiu, N. Y. and K. H. Chang. 1995. Chin-hsin-lien. p.282–283. *in*: The Illustrated Medicinal Plants of Taiwan (4). (Chiu, N. Y. and K. H. Chang, eds.) Southern Materials Center Inc. Taipei. 319 pp. (in Chinese)

Du, X. M., T. Yoshizawa, and Y. Shoyama. 1998. Butanoic acid glucoside composition of whole body and *in vitro* plantlets of *Anoectochilus formosanus*. Phytochemistry 49:1925–1928.

Hayashi, J., T. Sekine, S. Deguchi, Q. Lin, S. Horie, S. Tsuchiya, S. Yano, K. Watanabe, and F. Ikegami. 2002. Phenolic compounds from *Gastrodia* rhizome and relaxant effects of related compounds on isolated smooth muscle preparation. Phytochemistry 59:513–519.

Hsieh, M. T., C. R. Wu, and C. F. Chen. 1997. Gastrodin and *p*-hydroxybenzyl alcohol facilitate memory consolidation and retrieval, but not acquisition, on the passive avoidance task in rats. J. Ethnopharmacol. 56:45–54.

Huang, D. D., R. C. S. Law, and O. T. Mak. 1991. Effects of tissue-cultured *Anoectochilus formosanus* Hay extracts on the arachidonate metabolism. Bot. Bull. Acad. Sin. 32:113–119.

Hung, D. F. 2000. The Mechanism Study of Hepatoprotective Activity of *Boehmeria* Species and *Anoectochilus* Species. Master Thesis, Graduate Institute of Natural Products, Kaohsiung Medical University. Kaohsiung. 95 pp. (in Chinese with English abstract)

Ito, A., R. Kasai, K. Yamasaki, and H. Sugimoto. 1993. Aliphatic and aromatic glucosides from *Anoectochilus koshunensis*. Phytochemistry 33:1133–1137.

Kan, W. S. 1979. Taiwan Chin-hsin-lien. p.646–647. *in*: Manual of Medicinal Plants. (Kan, W. S., ed.) National Research Institute of Chinese Medicine. Taipei. 711 pp. (in Chinese)

Kan, W. S. 1986. *Anoectochilus formosanus* Hayata. p.647. *in*: Pharmaceutical Botany. 7th ed. (Kan, W. S., ed.) National Research Institute of Chinese Medicine. Taipei. 699 pp. (in Chinese)

Kim, H. J., K. D. Moon, S. Y. Oh, S. P. Kim, and S. R. Lee. 2001. Ether fraction of methanol extracts of Gastrodia tuber, a traditional medicinal herb protects against kainie acid-induced neuronal damage in the mouse hippocampus. Neurosci. Lett. 314:65–68.

Leou, C. S. 2000. *Anoectochilus* blume. p.746–749. *in*: Flora of Taiwan (5). 2nd ed. (Editorial Committee of the Flora of Taiwan, ed.) Department of Botany, National Taiwan University. Taipei. 1143 pp.

Lin, C. C. and T. Namba. 1981. Pharmacognostical studies on the crude drugs of Orchidaceae from Taiwan (VI) on ‘Kim-sòan-liân’ (1). Shoyakugaku Zasshi 35:262–271.

Liu, C. L., M. C. Liu, and P. L. Zhu. 2002. Determination of gastrodin, *p*-hydroxybenzyl alcohol, vanillyl alcohol, *p*-hydroxybenzaldehyde and vanillin in tall gastrodia tuber by high-performance liquid chromatography. Chromatographia 55:317–320.

Mak, O. T., D. D. Huang, and R. C. S. Law. 1990. *Anoectochilus formosanus* Hay contains substances

that affect arachidonic acid metabolism. Phytotherapy Res. 4:45–48.

Marks, T. R. and S. E. Simpson. 1990. Reduced phenolic oxidation at culture initiation *in vitro* following the exposure of field-grown stockplants to darkness or low levels of irradiance. J. Hortic. Sci. Biotechnol. 65:103–112.

Pyo, M. K., J. L. Jin, Y. K. Koo, and H. S. Yun-Choi. 2004. Phenolic and furan type compounds isolated from *Gastrodia elata* and their anti-platelet effects. Arch. Pharm. Res. 27:381–385.

Tao, J., Z. Y. Luo, C. I. Msangi, X. S. Shu, L. Wen, S. P. Liu, C. Q. Zhou, R. X. Liu, and W. X. Hu. 2009. Relationships among genetic makeup, active ingredient content, and place of origin of the medicinal plant gastrodia tuber. Biochem. Genet. 47:8–18.

Tzeng, S. H. 2005. Tissue Culture of *Anoectochilus formosanus* Hayata and Quantitative Analysis of Gastrodin. Master Thesis, Department of Life Sciences, National Chung-Hsing University. Taichung. 93 pp. (in Chinese with English abstract)

Wang, S. Y., Y. H. Kuo, H. N. Chang, H. S. Tsay, K. F. Lin, N. S. Yang, and L. F. Shyur. 2002. Profiling and characterization of antioxidant activities in *Anoectochilus formosanus* Hayata. J. Agric. Food Chem. 50:1859–1865.

Zaid, A. 1987. *In vitro* browning of tissues and media with special emphasis to date palm cultures- a review. Acta Hort. 212:561–566.

Zhou, J., Y. B. Yang, and T. R. Yang. 1979. The isolation and identification of chemical constituents of *Gastrodia elata* Bl. Acta Chimica Sin. 37:183–189.

Method for Extraction of Gastrodin in *Anoectochilus formosanus* Hayata[1]

Yih-Juh Shiau[2,4] and Wan-Lun Ho[3]

Abstract

Shiau, Y. J. and W. L. Ho. 2012. Method for extraction of gastrodin in *Anoectochilus formosanus* Hayata. J. Taiwan Agric. Res. 61:259–268.

Gastrodin is a phenolic compound. It is one of the important secondary metabolites in *Anoectochilus formosanus* Hayata. The objectives of this study were to establish the method for extraction of gastrodin from *A. formosanus* and to compare contents of gastrodin in various parts of plants of *A. formosanus*. Results showed that the proper procedure for extraction of gastrodin from fresh tissues of *A. formosanus* was by extraction of gastrodin from freeze-dried tissues at 50℃, using deionizer water as solvent. The content of gastrodin extracted with deionizer water was 300.8 $\mu g \cdot g^{-1}$ ± 43.6 $\mu g \cdot g^{-1}$, and it was significantly higher than those samples extracted by the solvents of 99.9% methanol, 95% ethanol, and 50% ethanol. The content of gastrodin in *A. formosanus* roots was 2241.7 $\mu g \cdot g^{-1}$, which was significantly higher than gastrodin in the samples of flowers (660.0 $\mu g \cdot g^{-1}$ ± 179.1 $\mu g \cdot g^{-1}$), leaves (402.5 $\mu g \cdot g^{-1}$ ± 50.8 $\mu g \cdot g^{-1}$), rachis (285.0 $\mu g \cdot g^{-1}$ ± 35.4 $\mu g \cdot g^{-1}$) or stems (273.3 $\mu g \cdot g^{-1}$ ± 33.3 $\mu g \cdot g^{-1}$). This study indicates that roots of *A. formosanus* are the best tissues for extraction of gastrodin and that the testing procedure described in this study is useful for selection of *A. formosanus* plantlets with high contents of gastrodin.

Key words: *Anoectochilus formosanus* Hayata, Extraction, Gastrodin.

---

1. Contribution No. 2692 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: July 30, 2012.
2. Assistant Researcher, Plant Germplasm Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Project Assistant, Biotechnology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Corresponding author, e-mail: yjshiau@tari.gov.tw; Fax: (04)23331705.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 61(4):269–284 (2012)

農業生態系長期研究場址無線感測器網路建置[1]

詹岳魁[2] 陳琦玲[2,10] 吳泓書[3] 林晉卿[4] 侯平君[5] 姚銘輝[6] 許禎坤[7] 陳建文[8] 林朝欽[9]

摘　　要

詹岳魁、陳琦玲、吳泓書、林晉卿、侯平君、姚銘輝、許禎坤、陳建文、林朝欽。2012。農業生態系長期研究場址無線感測器網路建置。台灣農業研究 61:269–284。

完整生態系資料的收集與分析有助於對自然環境與生態系發展之瞭解，本研究目的係運用生態資訊學所建構的新方法論，在農業試驗所嘉義分所荔枝園及其溪口農場與臺南改良場雲林分場等三處農業長期生態研究站，建置無線感測器網路系統，以加強資料收集之完整性與監控。本研究利用無線網路，將各類型感測器如熱感應、影像、紅外線及聲音感測器所監測的周遭環境與生態資訊，包括氣象、渦流通量、氮素滲漏、作物物候及生態聲景等，自動化收集並傳輸至農試所伺服器之資料庫，並顯示在監測系統網頁中讓研究者可隨時截取資料，以進行資料分析。藉著無線感測網路的建置，可即時偵測與維護感測器的正常運作，提升資料的完整性與品質，以進行週年性環境資料分析。本研究採用生態資訊學所發展出的生態後設資料語言 (ecological metadata language, EML)，建立國際生態研究共同使用的資料格式，有助於資料的存取、解讀與利用，促進資料的分享。

關鍵詞：農業生態系、長期生態研究、無線感測器網路、生態資訊學、生態後設資料語言。

前　　言

在長期生態研究過程中將會累積數量龐大、分散且性質差異大的資料，加上這些資料分散各地不易取得，使得即時獲取資料的分享機能無法發揮，不僅難以擴大資料的應用面，許多資料更因缺乏資料庫的管理極易造成資料的流失，不但減少研究資料的價值，同時也提高研究成本，更無法有效整合既有資料，產

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2694 號。接受日期：101 年 7 月 30 日。
2. 本所農業化學組研究助理、研究員。台灣 台中市。
3. 本所嘉義分所農藝系助理研究員。台灣 嘉義市。
4. 行政院農業委員會臺南區農業改良場作物環境課研究員。台灣 台南市。
5. 國立成功大學生命科學系教授。台灣 台南市。
6. 本所農業工程組副研究員。台灣 台中市。
7. 本所技術服務組聘用助理研究員。台灣 台中市。
8. 行政院農業委員會林業試驗所植物園組助理研究員。台灣 台北市。
9. 行政院農業委員會林業試驗所森林保護組研究員。台灣 台北市。
10. 通訊作者，電子郵件：chiling@tari.gov.tw；傳真機：(04)23302805。

生新的研究價值。而生態研究已從小規模小尺度的研究逐漸朝向以大規模的時間與空間尺度探討複雜的生態系統，其所要分析的資料也非傳統單一的範圍，研究人員需要蒐集更多相關資料，並且開始需要藉由資料庫來達成資料共享、整合甚至於應用到資料探勘 (Lu & Lin 2005)。因此，資料的完整收集、保存與交流對於長期生態研究是非常重要的，有了完整資料的收集與分析，才能對生態系有所瞭解。

以往生態研究的資料收集，多數需仰賴人工定時前往採集點讀取感測器收集所需之資料，所收集回來之資料需經過整理、分類、分析與處理等步驟後，才能提供給研究者使用 (Ho 2008)。假若感測器發生狀況損壞時，也無法第一時間得知相關訊息，需待資料收集時才能發現，容易造成資料收集不完整、資料斷層之現象；這些步驟既需耗費大量的人力資源，也不符合研究效率，更會增加許多不必要的困擾。

隨著資訊軟硬體、通訊技術與網路頻寬等快速發展，目前許多國家都開始發展無間隙網路 (ubiquitous network) 的計畫，將無線區域網路、無線廣域網路、無線個人網路等不同領域的通訊技術相互組合搭配，希望藉由各種不同通訊技術的結合，形成綿密通訊網，為人們的日常生活帶來更多安全與便利 (Burgess *et al.* 2010)。無間隙網路的應用，其中一個重要的架構即是無線感測器網路 (wireless sensors network, WSN)。

無線感測器網路是一種在一個特定區域建置許多感測器並相互連結所組成的網路。當感測器建置於特定區域，可依照感測器所提供之功能對環境進行感測，資料取得則透過無線網路傳輸，將多個感測器所組成的傳輸路徑傳回資料接收端，提供給研究人員進行資料分析與對應動作。目前主要應用於工業、航太、軍事、生醫、環境監控等許多領域 (Mainwaring *et al.* 2002)，應用範圍廣泛，成為當今世界上備受關注的技術焦點之一，2003 年 MIT 技術評論 (Technology Review, http://www.technologyreview.com)，在預測未來技術發展報告中，亦將其列為改變世界的十大技術之一 (Ankur *et al.* 2006; Cao *et al.* 2008)。

生態學界亦已逐漸發展出一門稱為生態資訊學 (ecoinformatics) 的理論與技術，不但可以協助紀錄、整合及分析個體、族群、群聚和生態系各階層的龐大資料，更能藉由網路服務技術達到分享的目的。生態資訊學的興起，也改變了傳統以人工資料蒐集與利用的模式，轉變為透過無線網路的方式將感測器所收集的資料回傳至指定的資料庫，並依照生態資訊學所發展出的生態後設資料語言 (ecological metadata language, EML) 資料規格，建立國際生態研究共同使用的資料格式檔，有助於研究人員日後對資料的存取與利用，促進資料的分享與整合，進而達到知識管理的目的 (Lin *et al.* 2008)。

農業試驗所與臺南改良場於 2006 年開始農業生態系長期生態研究 (long term ecological research, LTER)，其目的為瞭解農業耕作對生產力維持、生物多樣性與環境的長期影響 (Chen *et al.* 2009)。原來係將感測器偵測之資料存於資料收集器，再以人工前往收集，但此方式不能即時偵測感測器狀態，有時會產生資料中斷等問題。為了提升資料收集的完整性與品質，本研究之目的係在農業生態系長期研究站建立無線感測器網路系統，以加強各研究站資料收集的即時性與完整性。

材料與方法

本研究系統建置範圍包括：(1) 農業試驗所嘉義分所溪口農場雙期作水田與水旱輪作田生態研究站；(2) 臺南改良場雲林分場雙期作水田與水旱輪作田生態研究站；(3) 農業試驗

所嘉義分所荔枝原生種保存區及慣行農耕荔枝園區生態研究站。主要收集資料包括氣象、渦流通量、氮素滲漏、作物物候、生態聲景等，透過前端感測器、無線網路以及中繼資料收集站，整合成一無線感測器網路系統，並將所收集之感測器資料回傳至農試所，建立感測器資料庫顯示於監測系統網頁中。

無線網路系統評估

目前常見的無線網路種類主要有以下幾種：(1) 2.5G (GPRS)；(2) 3G (CDMA2000; WCDMA)；(3) ZigBee；(4) Wi-Fi (IEEE802.11a, b, g, n)；(5) Wi-MAX (IEEE802.16d, 16e)，其中以 ZigBee 及 Wi-Fi 較常用於建構無線感測器網路 (Fang 2006)，相關說明與特性如表 1 (Young & Young 2007)。每一種無線網路系統有其特性及適合運用之環境與場所，需考量各研究站的環境因素，選擇最適當的無線網路架構。各研究站的環境因素說明如下：

農業試驗所嘉義分所溪口農場：溪口農場的環境屬平原地形，地勢平坦，試驗區為雙期作水田及水旱輪作區，田區形狀為狹長方形 (長 800 m、寬 200 m、8.0 ha)。試驗田區已有部分 Wi-Fi 基礎網路設施。

臺南改良場雲林分場：雲林分場的環境屬平原地形，地勢平坦，試驗區為雙期作水田及水旱輪作區，田區形狀似長方形 (長 360 m、寬 250 m、7.0 ha)，研究站辨公室與試驗田區之間，有一果樹保存園遮蔽 (長 100 m、寬 40 m)。

農業試驗所嘉義分所荔枝園：嘉義分所為丘陵地，園區形狀屬狹長型 (長約 800 m、寬約 200 m、2.5 ha)，地勢起伏較大；其中原生種自然保存園區 (Natural ecosystem, NE, 1.4 ha)，遍植各種原生種荔枝樹，樹木數量多且高大，人為干擾少，區域內生態景觀豐富，為生態

表 1. 常見之無線網路規格比較

Table. 1. Comparison of common specifications of various wireless networks (Young & Young 2007)

Type	2.5G	3G	ZigBee	Wi-Fi	Wi-MAX
International standard	GPRS CDMA GSM TDMA	CDMA2000 TD-SCDMA WCDMA	IEEE802.15.4	IEEE802.11a IEEE802.11b IEEE802.11g IEEE802.11n	IEEE802.16d (fixed) IEEE802.16e (Mobile)
Transmission speed	115–384 Kbps	144 Kbps–2 Mbps	20–250 Kbps	11–54 Mbps	10–70 Mbps
Transmission distance	Average transmission radius: 0.5–5 km	Average transmission radius: 0.5–5 km	100–300 m	Indoor: 32 m Outdoor: 95 m	Optimal distance 1–10 km, far to 30 km
Feature	Digital voice transmission Peer-to-Peer (P2P) Point-to-Multipoint (P2MP) Multimedia messaging service (MMS)	Provide videophone Real-time video/audio Mobile TV services	Low power requirement Support large network nodes Many kinds of network topologies	Low establishment cost High speed transmission for short distance	None line of sight (NLOS)& line of sight (LOS)wireless technology transports long distance Cover large frequency High transmission rate which wasn't easily effected by varied terrain
Defect	Narrow transmission bandwidth and need cell phone number	Bandwidth limit to base station coverage	Narrow transmission bandwidth	Signal sensitive to terrain and environmental	High establishment cost
Establishment cost	low	middle	low	middle	high

景觀觀測之最佳場所；慣行農耕 (Conventional Agroecosystem, CA, 1.1 ha) 荔枝園區所種植的荔枝品種為黑葉，園區果樹已進行矮化管理。

網路系統架構

系統建置目的是提供長期生態研究資料蒐集便利性，將試驗田區的儀器及感測器，結合無線網路將資訊傳送並儲存於各研究站之中繼伺服器，再透過中華電信非對稱數位用戶線路 (asymmetric digital subscriber line, ADSL) 實體線傳回農試所中央伺服器，經由伺服器處理轉換成分類網頁，讓研究人員可以從網頁中即時監控、分析、設定、控制處理所有感測器之資訊。系統架構基本規劃如圖 1，系統主要由 3 個部分所組成，分別說明如下：

中央伺服器與資料庫：中央伺服器為電腦 IBM System X3650，安裝 SQL server 作為感測器資料庫，設置於農業試驗所，負責儲存各試驗田區中繼站所回傳的感測器資料，且透過程式語言 ASP.NET 設計系統網頁 (http://lter-wsn.tari.gov.tw/TARI/welcome.aspx)，可將各項感測器收集資料顯示於系統網頁，讓研究人員透過網際網路便能線上查詢各研究站感測器相關資料。

研究站設置中繼資料收集站及備援資料庫：雲林分場、溪口農場及嘉義分所，各設置中繼伺服器 (site server) 負責透過無線網路收集及備援試驗田區感測器資料，再將所收集的資料透過中華電信 ADSL 網路回傳至農業試驗所感測器資料庫系統。

研究站無線感測器網路建置及感測器節點資料回傳程序：試驗田區各感測器與無線網路設備連結，所形成之無線感測器網路系統，所有感測器資料先轉換成統一數位化資料，並透過無線網路傳送至各研究站的中繼伺服器。

感測器設備

本研究所採用的感測器系統外觀如圖 2 所示，各感測項目與感測頻率設定說明如下：

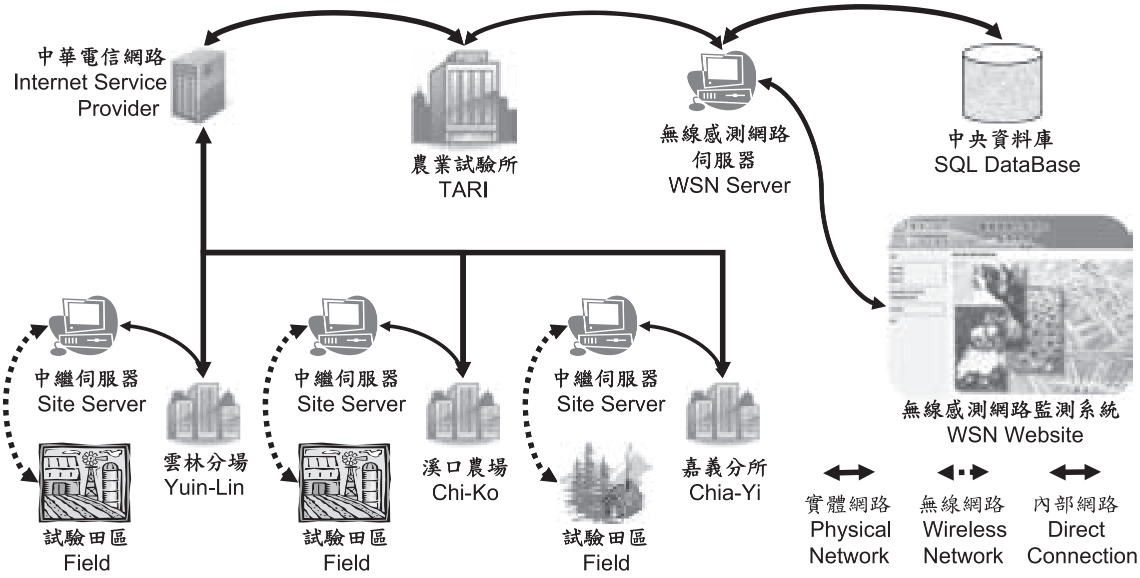

圖 1. 本研究網路系統架構示意圖。
Fig. 1. A diagram showing the framework of network system in this study.

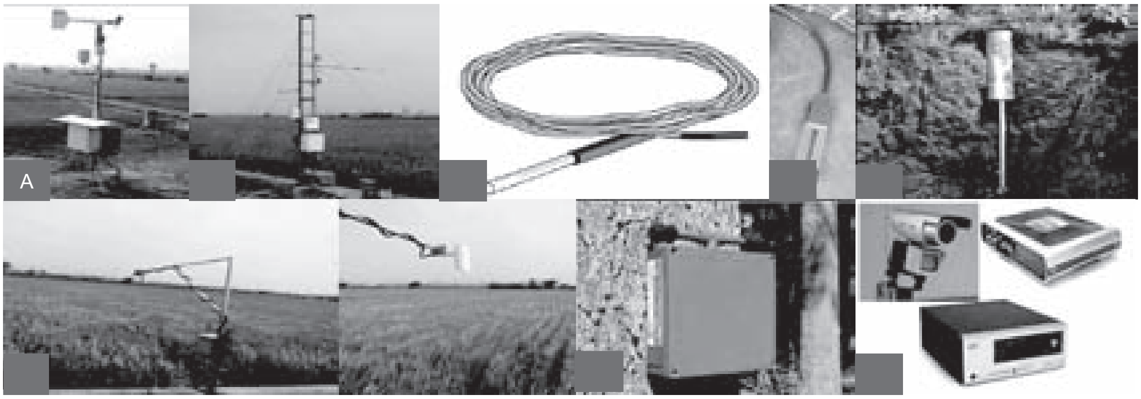

圖 2. 本研究無線感測器網路感測器種類。(A) 氣象站；(B) 渦流通量偵測系統；(C) 土壤溫度計；(D) 土壤水分計；(E) 滲漏計；(F) 植物影像記錄器；(G) 數位錄音記錄器；(H) 移動偵測攝影系統。

Fig. 2. Various sensors used in the wireless sensor network at experimental sites in this study. (A) Weather station; (B) Eddy flux detection system; (C) Soil temperature; (D) Soil moisture; (E) Lysimeter; (F) Video recorder of plant growth; (G) Digital audio recorder; (H) Portable image detection system.

氣象站 (weather station)：氣象站主要是收集氣象相關資料，包括有氣溫、相對濕度、日射量、日照時數、降雨、風向和風速等感測器項目。本研究採用 Campbell Scientific 公司型號為 thermocouple fw3 之氣溫計；Campbell Scientific 公司型號為 HMP50 之溫濕度計；PP systems 公司型號為 PAR 之光度計；大田計器公司型號為 34-T (RA-1) 之雨量計；Young 公司型號為 81000 之三維音波風速計。氣象站每秒掃描各感測器一次，但資料記錄器 (玖廷公司型號為 HL20) 再計算與記錄每小時各氣象感測器量測之平均值，並回傳至伺服器。

渦流通量偵測系統 (eddy flux detection system)：渦流通量偵測系統主要收集通量資料，架設於所觀測田區上方 2 m 處，包含瞬間氣溫變化、淨輻射、土壤溫度、土壤濕度、CO_2 通量、潛熱通量、可感熱通量及熱流板通量等相關通量數據。本研究採用 Campbell Scientific 公司型號為 thermocouple fw3 之氣溫計；Campbell Scientific 公司型號為 Q-7.1 Net Radiometer 之淨輻射計；Campbell Scientific 公司型號為 107 之土壤溫度計，固定埋設於地表下 5 cm 的深度；Campbell Scientific 公司型號為 CS616 之土壤濕度計，固定埋設於地表下 30 cm 的深度；LI-COR 公司型號為 7500 之 CO_2 及 H_2O 偵測計；Campbell Scientific 公司型號為 REBS HFT3-L 之土壤熱流板。每秒掃瞄 10 次通量變化，但資料記錄器 (Campbell Scientific 公司型號為 CR1000) 僅記錄每小時平均值，並回傳至伺服器。

土壤溫度計 (soil temperature)：本研究採用 Campbell Scientific 公司型號為 Model 109 之土壤溫度計，固定埋設於地表下 10 cm 的深度，記錄與監測土壤溫度。每秒掃描一次，但資料記錄器 (Campbell Scientific 公司型號為 CR200X Series) 僅記錄每 10 分鐘之平均值，並定時將資料回傳至伺服器。

土壤水分計 (soil moisture)：本研究採用 Decagon Devices 公司型號為 EC-5 之土壤水分計，固定埋設於地表下 10 cm 的深度，另有多層式土壤水分計可量測不同深度的土壤含水率變化。每秒掃描一次，但資料記錄器 (Campbell Scientific 公司型號為 CR200X Series) 再計算與記錄每 10 分鐘之平均值，並定時將資料

回傳至伺服器。

滲漏計 (lysimeter)：本研究採用 Decagon Devices 公司型號為 Drain Gauge G2 之滲漏計，主要是量測地表下 1 m 處之滲漏水量，並收集滲漏液供分析。每 3 秒掃描 1 次，但資料記錄器 (Campbell Scientific 公司型號為 CR10X 與 CR200X Series) 再計算與記錄每 10 分鐘累積的滲漏數據資料，並定時將資料回傳至伺服器。樣本瓶中收集之滲漏水樣，在下雨過後或灌溉後仍需由試驗人員抽取水樣，送回實驗室進行分析，以瞭解滲漏水質。

植物影像記錄器 (video recorder of plant growth)：本研究採用 AXIS 公司型號為 223M 之網路攝影機，將攝影機裝設於所需觀測的試驗田區中，架設於所觀測作物上方 2 m 處，在每天上午九點與下午三點利用定時拍攝影像照片 1 張，直接回傳伺服器。

數位錄音記錄器 (digital audio recorder)：本研究採用 Wildlife 公司型號為 SM1-P 之數位野外錄音記錄器，具有高解析度的聲音感應器，能將聲音頻譜收錄轉換成數位資料，可應用音頻辨識軟體，辨別田間兩棲動物的種類，有助於物種分析與生態調查之研究。目前受限於設備本身並無具備無線網路之功能，故暫以人工方式進行資料擷取。

移動影像偵測系統 (portable image detection system)：移動影像偵測系統主要由 (1) 攝影機；(2) 影像辨識伺服器；(3) 資料儲存系統組合而成，主要應用於生態影像資料收集。本研究採用 Panasonic 公司型號為 WV-CW380 Series 之攝影機；ioimage 公司型號為 box-trk-100d 之影像分析處理器；Heitel 公司型號為 CamDisc SVR 4S 之數位影像/數據存儲系統。使用方式是將移動偵測攝影機系統，置放於試驗區中，利用其影像分析辨識之特點，來取得試驗園區中特定生物類型及活動情形影像資訊，並可將資料回傳至伺服器。

結果與討論

無線網路種類選擇

無線網路之使用需考慮設置區的環境狀況、網路頻寬、建置費用、系統維持費用等因素，在考慮前述因子與表 1 所列各種網路之特性，本研究綜合評析如下：(1) 使用 2.5G 及 3G 傳輸，除了需負擔額外的電信建置費用，並且後續維持費及使用費所費不皆。(2) 研究田區並非在人或電力所不及的地方，在研究站數百公尺範圍內，感測器設置點附近皆有基礎電力設施。(3) 需收集影像及聲音等較大量的數位資料，其網路傳輸需穩定且頻寬達到一定需求。(4) 嘉義分所因果樹茂盛、地型高低起伏，感測器設置點彼此相距最遠達 600 m，無線網路架設需考量網路傳輸距離、地形因素及網路穩定性等限制因素。(5) Wi-MAX 具有涵蓋範圍遠、高頻譜效率，高傳輸速率不易遭受地形限制影響的特性，但是設備單價相對較高。在審慎評估各類無線網路之建置成本與效益後，本研究選擇 Wi-Fi 作為主要的無線網路架構，主要原因為：(1) 不需額外的電信費用；(2) 傳輸穩定以及網路頻寬符合傳輸影像及聲音的需求；(3) 若傳輸距離過遠，可透過增加無線網路基地台或指向型天線延長傳輸距離；(4) 所使用設備可為市面上的無線網路產品，未來若有設備損壞，皆可快速更換，設備價格也較 Wi-MAX 便宜許多。

無線感測器網路系統建置

本研究選擇以 Wi-Fi 系統作為通訊系統，所配置的感測器項目與數量如表 2，各研究站建置之無線感測器網路系統說明如下：

農業試驗所嘉義分所溪口農場：採用 Wi-Fi 無線網路系統，溪口農場無線感測器網路的感測器及網路架設如圖 3，感測器系統包含氣象站、渦流通量偵測系統、土壤溫度計、土壤水分計、滲漏計以及植物影像記錄器，其中

表 2. 各研究站的感測器種類與數量

Table. 2. Kind and quantity of sensors established at the experimental sites of Chi-Ko, Yun-Lin, and Chia-Yi research sites

	Chi-Ko		Yuin-Lin		Chia-Yi	
Sensors	SA [z]	CA	SA	CA	NE	CA
Weather station	1		1		1	
Eddy flux detection system	1		0		0	
Soil temperature	1	1	1	0	1	1
Soil moisture	2	1	1	0	1	2
Lysimeter	1	1	4	4	4	2
Video recorder of plant growth	2		1		0	
Digital audio recorder	Total quantity 6, according to studies by randomly placed in each site					
Portable image detection system	Total quantity 2, according to studies by randomly placed in each site					

[z] NE: Nature Agro-ecosystem; CA: Conventional Agro-ecosystem; SA: Sustainable Agro-ecosystem.

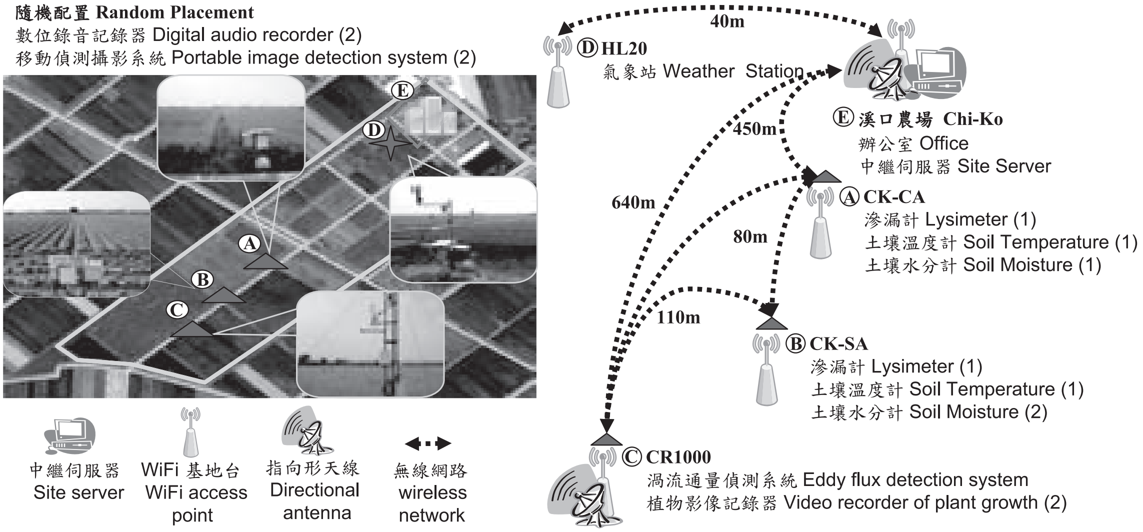

圖 3. 溪口農場試驗田無線感測器網路。

Fig. 3. A wireless sensor network established at Chi-Ko branch farm.

土壤水分計 1 支為固定深度 10 cm，另 2 支水分計可量測不同深度的土壤含水率變化，量測深度分別為 4 cm、18 cm、70 cm、100 cm 及 150 cm。無線感測器網路配置是以辦公室為中心點，設置有 Wi-Fi 基地台 (access point)、全向型天線及中繼伺服器，接收感測器設置點 (A)、(B)、(C) 及氣象站所回傳的資料，並同時傳送至農試所中央伺服器進行備份及顯示在系統網頁；點 (A)、(B)、(C) 及氣象站各設置 Wi-Fi 基地台，透過無線分布式系統 (wireless distribution system, WDS) 技術與中繼 (repeater) 應用，使點 (A)、(B)、(C) 與辦公室無線網路構成一個完整的無線網路系統。為了避免傳輸距離過遠，在點 (C) 加裝指向型天線 (16 db) 及強波器 (booster)，指向辦公室所設置的全向型天線，確保網路結構完整性。

臺南改良場雲林分場：雲林分場採用 Wi-Fi 無線網路系統，雲林分場無線感測器網路的感測器及網路架設如圖 4，感測器包含土壤溫度計、土壤水分計、滲漏計以及植物影像記錄器。無線感測器網路配置以辨公室為中心點設置，包括 Wi-Fi 基地台、全向型天線 (15 db) 及中繼伺服器電腦，接收感測器設置點 (A)、(B)、(C)、(D) 所回傳的資料，並同時傳送至農試所中央伺服器進行備份及顯示在系統網頁；點 (A)、(B)、(C)、(D) 設置 Wi-Fi 基地台，同樣透過 WDS 技術將點 (A)、(B)、(C)、(D) 與辦公室無線網路連結，同時為了避免傳輸距離過遠而導致系統網路不穩定，在點 (D) 架設指向型天線 (16 db) 及強波器，指向辦公室基地台所設置的全向型天線，以結合成一完整的無線網路系統。雲林分場於 100 年度配合農委會政策，基於分場網路安全，將場內網路變更為利用已加密的通道協議 (tunneling protocol) 來達到保密、傳送端認證、訊息準確性等私人訊息安全效果的虛擬私有網路 (virtual private network, VPN) 方式運作。未來與雲林分場同屬農委會的農試所也可能基於網路安全為由變更使用 VPN 方式運作，在有雲林分場現階段之處理經驗後，農試所也將採用同一方法維護系統的正常運作。

農業試驗所嘉義分所：嘉義分所採用 Wi-Fi 無線網路系統，嘉義分所無線感測器網路的感測器及網路架設位置如圖 5 所示，感測器包含氣象站、土壤溫度計、土壤水分計以及滲漏計，其中土壤水分計 2 支埋設深度 10 cm，另 1 支水分計可量測不同深度的土壤含水率變化，量測埋設深度分別為 4 cm、18 cm、70 cm、100 cm 及 150 cm。無線感測器網路配置主要以辦公室為中心點，其中點 (B) 與點 (C) 距離過遠，因此，於中途設置兩點中繼站架設指向型天線增強無線網路訊號，點 (A)、(B)、(C)、(D) 設置 Wi-Fi 基地台，建構區域無線網路熱點，點 (B) Wi-Fi 基地台並透過 WDS 技術使點 (C) Wi-Fi 基地台能透過點 (B) 作為中繼站以傳送資料至中繼伺服器，分所伺服器接收

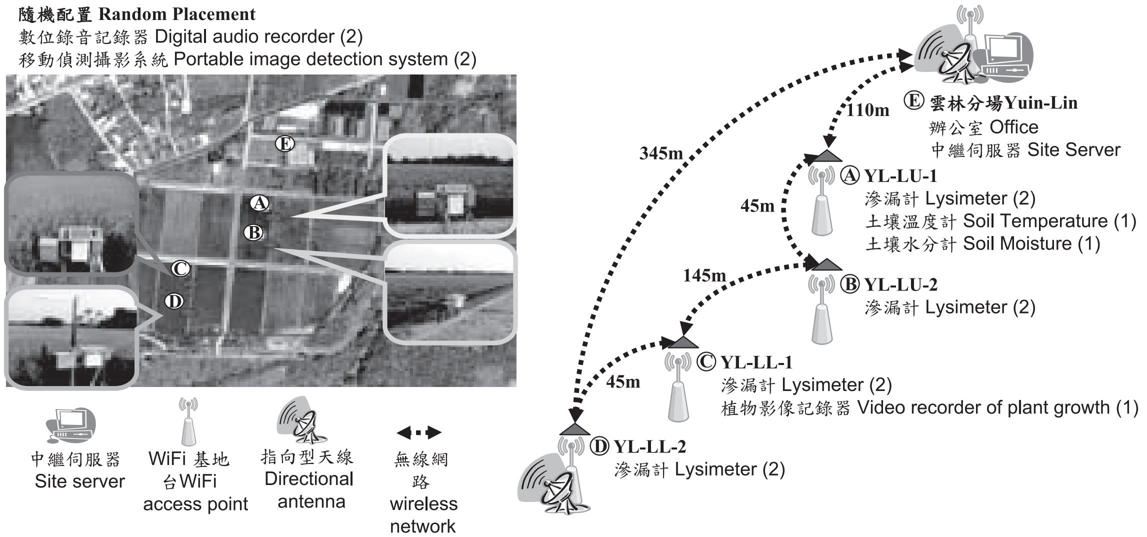

圖 4. 雲林分場試驗田無線感測器網路。
Fig. 4. A wireless sensor network established at Yuin-Lin branch farm.

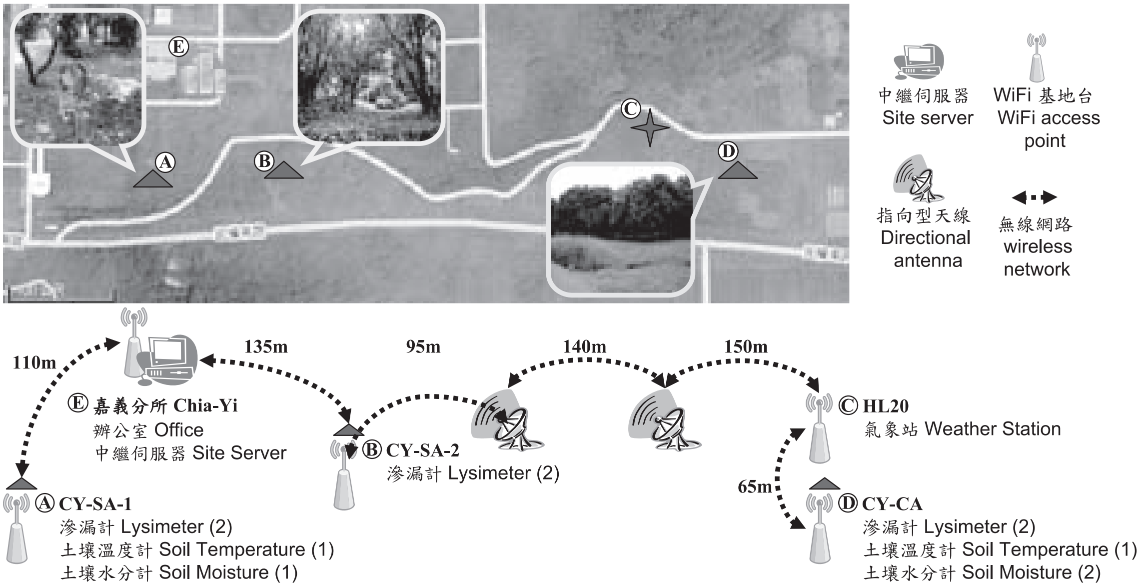

圖 5. 嘉義分所無線感測器網路。
Fig. 5. A wireless sensor network established at Chia-Yi branch farm.

感測器設置點 (A)、(B)、(C)、(D) 所回傳的的感測器資料，並同時傳送至農試所中央伺服器進行備份及顯示在系統網頁，完成涵蓋嘉義分所荔枝園之無線感測器網路系統。

三個研究站點之氣象站因原有軟、硬體設備上不同，故氣象資料在本系統上也以不同方式提供查詢。溪口農場氣象站透過資料轉換之方式，將氣象資料直接儲存於無線感測器網路系統資料庫中提供查詢。雲林分場氣象站已包含在中央氣象局之農業氣象觀測網中，嘉義分所氣象站已包含在農業氣象諮詢系統中，因此不另將雲林分場及嘉義分所之氣象資料重複儲存於無線感測器網路系統資料庫，而採用網頁連結至該系統中直接查詢的方式取代。

儀器與感測器介面轉換

本系統整合了數種不同的感測器或儀器，並運用無線網路進行資料傳輸，整合成完整的無線感測器網路建置。然而各種感測器系統之訊號數據格式及介面不同，因此需經過數據格式轉換及介面轉換資料取得與匯入，為此系統建置時的最大困擾。

本系統建置前，各場原有之研究設備多是使用資料記錄器連結感測器如滲漏計、溫度計、水分計等，由人工以筆記型電腦，運用資料記錄器所隨附之應用軟體，透過串列埠傳輸介面 (recommended standard-232, RS-232) 連結資料記錄器，進行感測器資料取得。在無線網路系統完成建置後，資料記錄器則直接透過介面轉換器 MOXA NPort 5150型 (其功能為串列傳輸轉乙太網路介面)，將原本資料記錄器的串列資料轉換成乙太網路介面資料，匯入資料庫，解決了介面轉換的問題。

無線感測器網路系統網頁

目前，最常用的三種動態網頁語言有 ASP (Active Server Pages)，JSP (JavaServer Pages)，PHP (Hypertext Preprocessor)。三者都提供在 HTML (HyperText Markup Language) 標記式語言中混合某種程序程式碼，由語言引擎解釋執

行程序程式碼的能力。在 ASP、JSP、PHP 環境下，HTML 標記式語言主要負責描述信息的顯示樣式，而程序程式碼則用來描述處理邏輯。普通的 HTML 頁面只依賴於 Web 伺服器，而 ASP、JSP、PHP 頁面需要附加的語言引擎分析和執行程序程式碼。程序程式碼的執行結果被重新嵌入到 HTML 程式碼中，然後一起傳送給瀏覽器。ASP、JSP、PHP 三者都是針對 Web 伺服器的技術，客戶端瀏覽器不需要任何附加的軟體支持。

系統網頁最後選用非免費的 ASP.NET 程式語言撰寫，係因 ASP.NET 為完全的物件導向程式語言，以物件為基本架構，網頁與程式完全分離，使程式易於維護，並能夠存取 .Net Framework 下載數千種的物件，降低程式開發時程。因此在建構系統網頁時，容易依使用者需求而快速建置對應功能，且拿來和程式語言做結合，能有效的整合不同儀器所提供的應用程式介面 (application programming interface, API)，建置成多功能網頁資訊系統，或是透過 ADO.NET 和資料庫做連結，其效果優於 JSP 與 PHP。

試驗田間的感測器資料，主要透過各站中繼伺服器進行田間資料擷取與儲存，然後透過中華電信之 ADSL 網路，最短每 10 分鐘將資料傳送至農試所中央伺服器資料庫，研究人員可以經由網路，即時查詢感測器即時及歷史資料。

為了讓管理者或研究人員對於感測器資料能一目瞭然，系統網頁如圖 6 (A) 所示，提供研究站田區分布、感測儀器分布、各種圖表及歷史資料查詢的功能，以及可以 Word、Excel、Csv、Xml、Html 等多種資料檔案格式下載。氣象站即時資訊，如圖 6 (B) 所示，提供線上即時氣象資訊 (包含：風速、氣溫、相對溼度及光度) 以及近三日走勢圖。渦流通量觀測資料，如圖 6 (C) 所示，提供近三日渦流通量走勢圖 (包含：瞬間氣溫變化、淨輻射、土壤溫度、土壤濕度、CO_2通量、潛熱通量、可感熱通量及熱流板通量)。土壤溫溼度資料報表及歷史查詢如圖 6 (D) 所示，可查詢目前所上傳的資料、總筆數及上傳時間，查詢區間變化如圖 6 (E) 所示，可查詢特定區間溫溼度的變化情況，藉以瞭解特定區間溫溼度的變化趨勢。滲漏計資料報表及歷史查詢如圖 6 (F) 所示，可查詢目前所上傳的資料、總筆數及上傳時間，查詢區間變化如圖 6 (G) 所示，可查詢特定區間滲漏計的變化情況，藉以瞭解特定區間滲漏計的變化趨勢。植物生長影像即時監控影像，如圖 6 (H) 所示，提供線上即時植物生長影像即時監控以及影像存檔。

系統建置現況與效益評估

系統運作情形：溪口農場與雲林分場無線感測器網路系統於 98 年度 8 月間完成，因其試驗田區周圍較為空曠且遮蔽物少，因此，有利於無線網路傳輸，唯有在多雨及落雷頻繁的季節容易影響無線網路傳輸的效率，或造成總開關跳電，而無法供給無線網路基地台電源，而使感測器資料無法回傳，可藉由人員前往田區現場打開總開關恢復供電。

嘉義分所無線感測器網路系統於 99 年度 5 月完成，嘉義分所為丘陵地，地勢起伏大，對於無線感測器網路傳輸影響較大的區域為荔枝原生種自然保存園區，因為園區樹木多且高大濃密，有時會使無線網路的傳輸不穩定，使感測器資料無法順利回傳至中繼伺服器。未來可藉由增加中繼站數量或使用 3G 系統作為替代之無線傳輸方式以進行改善，但以本研究現行系統而言，若要變更為 3G 系統，還需要再增加輔助設備以及 3G 系統每點每月之固定通信費用，兩種方案相較之下，應以增加中繼站數量為優。

在硬體部分，目前為止僅嘉義分所在落雷頻繁的季節造成網路設備故障的情形，由於是

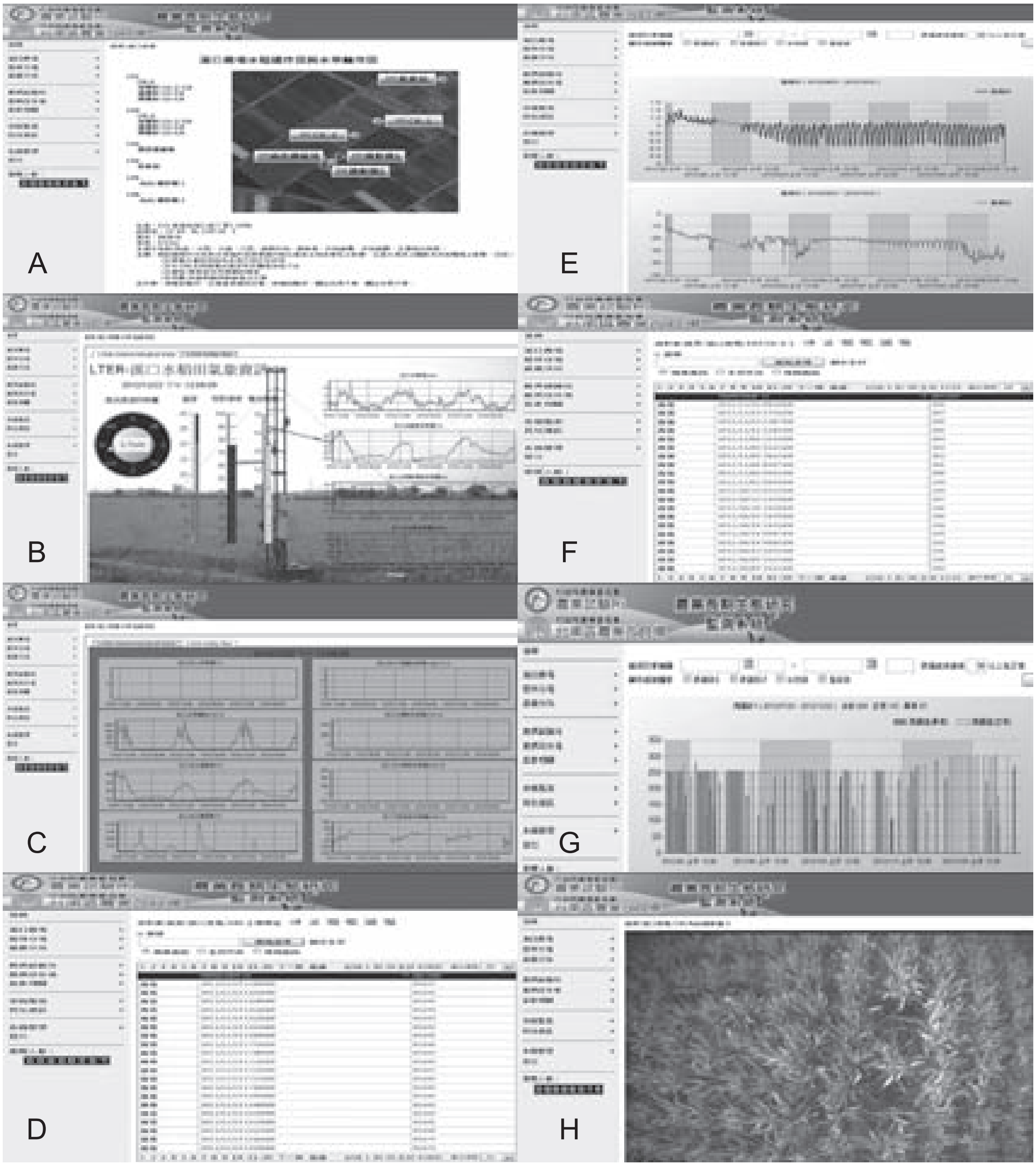

圖 6. 無線感測器網路系統網頁可查詢各感測器 (A–H) 之即時與歷史資料。(A) 感測器分布、狀態圖；(B) 氣象站即時資訊；(C) 即時渦流通量觀測資料；(D) 土壤溫度計、溼度計歷史資料；(E) 土壤溫度計、溼度計趨勢圖；(F) 滲漏計歷史資料；(G) 滲漏計趨勢圖；(H) 植物生長即時監控影像。

Fig. 6. A website showing the real time and history data of various sensors (A–H) installed in the wireless sensor network. (A) Sensors operation status chart; (B) Real-time weather information; (C) Real-time eddy flux data; (D) Soil temperature, moisture history data; (E) Soil temperature, moisture chart; (F) Lysimeter history data; (G) Lysimeter leaching chart; (H) Real-time video recorder of plant growth.

使用市面上常見的無線網路設備，因此，可以快速的從市面上取得相關設備的替品，並經過簡單的無線網路設定，快速的進行系統復原。

在軟體及韌體部分，因本研究需結合數種不同儀器與感測器，並利用其所提供之軟體 API 套件或韌體相關支援資訊文件，整合成統一數位化資料，分門別類儲存於中央資料庫中，再經由 ASP.NET 程式語言開發無線感測器網路監測系統網頁。但開發此系統軟體、韌體功能，主要是依靠研發人員進行整合不同的感測器並撰寫對應資料轉換程式，爾若後續有新儀器或感測器需加入，也還需靠研發人員的開發撰寫相對應程式並連結至感測器與資料庫，因此後續要維持系統正常運作及持續更新，系統開發相關文件及說明、研發人員的能力、經驗與傳承就非常重要。

系統效益評估：本研究無線感測網路建置對環境資料收集之完整性有明顯的提升，如以往半個月才至田間收集滲漏計資料，若期間感測器損壞，資料收集即中斷，而無法計算期作或全年的滲漏量，藉由無線感測網路的建置可即時偵測與維護感測器的正常運作，而獲得完整資料，以計算週年累積滲漏量，可大幅提升監測資料的準確性。完整性差異以雲林分場 2008 年及 2010 年一期作期間 WSN 系統建置前後之試驗田區 LU-1-SA 及 LU-2-CA 作比較，如圖 7 所示，圖中顯示 2008 年資料中斷期間較多，而使用 WSN 之後的 2010 年則相對較為完整。此外，在感測器運作正常的情況下，大幅降低前往收集資料之費用。本研究亦為農業生態系長期生態研究提供一種新的研究環境，透過網際網路提供了資料的取得、儲存、管理、整合、挖掘與其他有關計算與資訊處理程序的服務。研究人員可以藉由資料的流通，在複雜的時間與空間尺度的生態研究上，提供跨研究站合作的機會。

EML 文件建置

生態後設資訊語言 (ecological metadata language, EML) 為國際生態研究共同使用的格式檔，以方便資料交流，本研究採用 Morpho

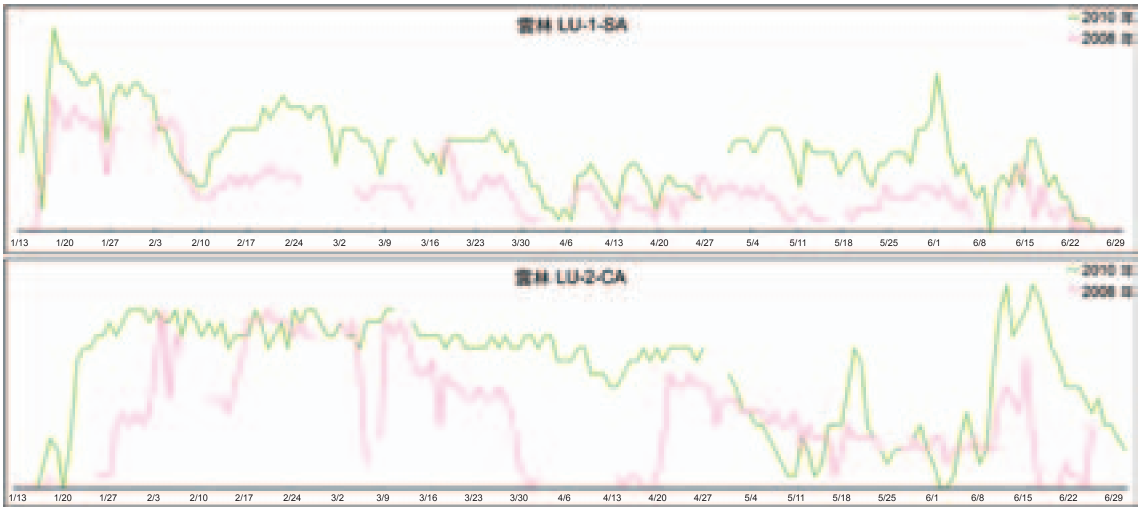

圖 7. 無線感測器網路系統建置前後 (2008 與 2010 年) 滲漏資料完整性比較。

Fig. 7. Comparison of integrity of leaching data collected before (in 2008) and after (in 2010) establishing the wireless sensor system at Yuin-Lin branch farm.

軟體作為後設資料建置與 EML 文件之管理工具，並以 Metadata Catalog (Metacat) 做為 EML 文件的資料庫以及網頁形式的查詢介面。本研究所建置的無線感測器網路系統網頁，可將感測器原始數據輸出成 .xls 及 .csv 格式，此格式可直接匯入 Morpho，協助研究人員能更為便利地將其原始數據進行建檔，進而將研究資料分享於網路中，以提供各國研究人員研究之參考資料。未來亦將撰寫程式直接將資料傳入 Morpho 資料庫中。

未來展望

若純粹針對以文字形式記錄之生態環境資訊取得，或非使用聲音或影像等耗費頻寬之儀器時，亦可運用 Crossbow Technology® 所生產的集成電路多功能無線感測器及閘道器所使用的方式與架構 (Doolin & Sitar 2005; Morais *et al.* 2008; Nadimi *et al.* 2008)，透過網眼結構，使感測器可以透過彼此作為中繼，將資料逐步的傳送至田野間網路閘道器，回傳至中繼站與中央資料庫。如此一來系統便可以快速的進行田野間感測器部署，降低系統建置費用及系統安裝時程等，未來若要進行感測器遷移或增加監測點，應可考慮採用。

目前因聲音偵測系統設備本身未具備無線網路之功能外，且還未固定觀測位置與時段，故仍以人工方式收集，尚未透過無線網路直接回傳中央伺服器進行建檔，未來若有需要將添購無線網路設備，亦會將錄音紀錄器所收集的動物聲音資料直接回傳至資料庫並顯示於網頁中，使 WSN 系統網頁所提供的資料更加完善，亦可分享更多的資料給研究人員參考。

未來也可以結合 GPS 將所有感測器相關布署座標位置、海拔高度、地形，土壤及氣候等相關資料，結合地理資訊系統 (geographic information system, GIS)，直接呈現在網路上，提供研究者更詳細之研究參考資訊。

結　論

本研究於農業生態系長期生態研究站 (溪口農場、雲林分場及嘉義分所) 建置無線感測器網路，結合感測器、通訊、網路、網頁與資料庫，建置成全自動化生態資料收集平台。研究人員可隨時隨地經由網路進行各項的感測器資料取得、分析與處理，並可即時針對異常感測器或數值作進一步分析、比較與維護，不僅降低人力需求，也降低以往人力資料收集與整理過程中所造成誤植、或儀器損壞所造成的資料錯誤與資料斷層，更提升了資料收集的即時性，讓感測器資料可以即時性回傳並顯示在系統網頁中，讓所有感測器資料或影像即時呈現，以建構亞熱帶農業生態系長期研究站最佳研究環境，提升我國科技研究水準，並提供國際合作之試驗平台。

致　謝

感謝農委會 e-化領域經費補助 [計畫編號：98 農科-8.5.2-農-C1 (1)、99 農科-6.1.4-農-C1 (2)，100 農科-6.1.2-農-C1 (2)] 使研究站之無線感測器網路得以建置，並感謝農試所網管人員盧文琪先生在系統架構與網路通訊上的建議與協助，臺南區農業改良場雲林分場孫文章分場長在網路配置上的配合與協助，計畫助理許堅致與林世強先生在工作上的協助。

引用文獻 (Literature cited)

Ankur, S., S. S. Iyengar, and E. Cho. 2006. Ecoinformatics using wireless sensor networks: an overview. Ecol. Inform. 1:287–293.

Burgess, S. S. O., M. L. Kranz, N. E. Turner, R. Cardell-Oliver, and T. E. Dawson. 2010. Harnessing wireless sensor technologies to advance forest ecology and agricultural research. Agric. For. Meteorol. 150:30–37.

Cao, X., J. Chen, Z. Yan, and Y. Sun. 2008. Development of an integrated wireless sensor network micro-environmental monitoring system. ISA

Trans. 47:247–255.

Chen, C. L., B. H. Chen, S. N. Huang, H. B. Kin, W. C. Sun, H. Y. Guo, C. C. Chen, R. H. Lin, C. C. Young, and Z. S. Chen. 2009. Establishment and perspectives of a long term ecological research in agricultural ecosystem in subtropics. Crop Environ. Bioinform. 6:233–246. (in Chinese with English abstract)

Doolin, D. M. and N. Sitar. 2005. Wireless sensors for wildfire monitoring. p.477–484. *in* the Proceedings of Smart Structures and Materials 2005: Sensors and Smart Structures Technologies for Civil, Mechanical, and Aerospace Systems. SPIE. San Diego.

Fang, W. 2006. International development of field server and wireless sensor network. Crop Environ. Bioinform. 3:78–95. (in Chinese with English abstract)

Ho, J. H. 2008. Remote sensing technique and agriculture application. Res. Bull. Taichung Dist. Agric. Res. Exten. Stat. 98:69–80. (in Chinese with English abstract)

Lin, C. C., M. R. Jeng, and S. S. Lu. 2008. A review of the development and applications of ecoinformatics in Taiwan. Taiwan J. For. Sci. 23:S1–S10. (in Chinese with English abstract)

Lu, S. S. and C. C. Lin. 2005. Ecological information search criteria and use- introduction EML (Ecological Metadata Language). For. Res. Newsl. 12:5–8. (in Chinese with English abstract)

Mainwaring, A., D. Culler, J. Polastre, R. Szewczyk, and J. Anderson. 2002. Wireless sensor networks for habitat monitoring. p.88–97. *in* the Proceeding of the 1st ACM International Workshop on Wireless Sensor Networks and Applications. American for Computing Machinery. New York.

Morais, R., S. G. Matos, M. A. Fernandes, A. L. G. Valnte, S. F. S. P. Soares, P. J. S. G. Ferreira, and M. J. C. S. Reis. 2008. Sun, wind and water flow as energy supply for small stationary data acquisition platforms. Comput. Electron. Agric. 64:120–132.

Nadimi, E. S., H. T. Sogaard, and T. Bak. 2008. ZigBee-based wireless sensor networks for classifying the behaviour of a herd of animals using classification trees. Biosyst. Eng. 100:167–176.

Young, F. F. and F. R. Young. 2007. Computer Networking. Xbook Marketing Co. Taipei. 656 pp. (in Chinese)

Cyberinfrastructure for Long-Term Ecological Research on Agricultural Ecosystem[1]

Yueh-Kuei Chan[2], Chi-Ling Chen[2,10], Hong-Shu Wu[3], Chin-Ching Lin[4], Ping-Chun Lucy Hou[5], Ming-Hwi Yao[6], Jen-Kuan Shii[7], Chien-Wen Chen[8], and Chau-Chin Lin[9]

Abstract

Chan, Y. K., C. L. Chen, H. S. Wu, C. C. Lin, P. C. L. Hou, M. H. Yao, J. K. Shii, C. W. Chen, and C. C. Lin. 2012. Cyberinfrastructure for long-term ecological research on agricultural ecosystem. J. Taiwan Agric. Res. 61:269–284.

Extensive collection and comprehensive analysis of environmental and ecological data are important in understanding ecological phenomena in agricultural ecosystems. The objective of this study was to explore the potential of establishing wireless sensor network (WSN) for collection of environmental and ecological data at three field research sites in Taiwan based on the new methodology of eco-informatics. The WSN system was installed at the lychee orchard and Chi-Ko Branch Farm in the Chiayi Agicultural Experiment Station (CAES) of the Taiwan Agricultural Research Institute (TARI) and the Yuinlin Branch Station of the Tainan District Agricultural Research and Extension Station. The sensors such as thermal, visual, infrared, and acoustic with high sensitivity for collection of environmental data were installed in each site to monitor a wide range of ambient conditions and ecological complexities, including meteorological phenomena, eddy fluxes, nitrogen leaching, crop growth, and ecological soundscape. Data collected from the three experimental sites were sent to the database server at TARI for analysis by researchers. Results showed that the establishment of WSN improved accuracy and quality of environmental data collected from the three sites as the normal operation of

---

1. Contribution No. 2694 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: July 30, 2012.
2. Respectively, Assistant and Researcher, Agricultural Chemistry Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Assistant Researcher, Department of Agronomy, Chiayi Agricultural Experiment Branch, TARI, Chiayi, Taiwan, ROC.
4. Researcher, Crop Environment Division, Tainan District Agricultural Research and Extenstion Station, Tainan, Taiwan, ROC.
5. Professor, Department of Life Sciences, National Cheng Kung University, Tainan, Taiwan, ROC.
6. Associate Researcher, Agricultural Engineering Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
7. Assistant Researcher, Technical Service Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
8. Assistant Researcher, Forest Protection Division, Taiwan Forestry Research Institute, Council of Agriculture, Taipei, Taiwan, ROC.
9. Researcher, Botanical Garden Division, Taiwan Forestry Research Institute, Council of Agriculture, Taipei, Taiwan, ROC.
10. Corresponding author, e-mail: chiling@tari.gov.tw; Fax: (04)23302805.

sensors could be maintained by instant detection of problems derived from sensors. The format of data collected in this study was based on the Ecological Metadata Language (EML), which is in common use among researchers in the field of ecological studies and, therefore, the data stored in the database server are readily access by internet.

Key words: Agricultural ecosystem, Long-term ecological research (LTER), Wireless sensing network (WSN), Ecoinformatics, Ecological metadata language (EML).

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 61(4):285–297 (2012)

台灣育成的花椰菜 F_1 商業栽培品種及其親本間遺傳歧異度之研究[1]

羅惠齡[2] 李碩朋[2] 陳綉萍[2] 蔡德琳[2] 林照能[2] 王三太[2] 陳甘澍[3,5] 楊堯文[4,5]

摘　要

羅惠齡、李碩朋、陳綉萍、蔡德琳、林照能、王三太、陳甘澍、楊堯文。2012。台灣育成的花椰菜 F_1 商業栽培品種及其親本間遺傳歧異度之研究。台灣農業研究 61:285–297。

本試驗在分析國內自行育成之花椰菜品種之親本之親緣關係及適合做 F_1 純度鑑定之分子標誌。參試品種 (系) 包括 16 個為 F_1 品種及其 32 個親本的自交系和 2 個固定品種。利用 120 個逢機引子 (Operon A, B, C, D, E, and L kits) 進行花椰菜品種 (系) 間多型性篩選，篩選出 OPA-1，OPA-13，OPA-18，OPB-5，OPB-15，OPE-15 及 OPL-18 等 7 個可產生多型性 DNA 條帶的逢機引子；再進一步針對國內 3 家花椰菜育種公司所提供的 F_1 品種及其親本自交系篩選試驗中，總計選獲 92 個多型性條帶，可以很明顯的把這 3 家公司品種分辨出來，而對同一家公司內大部分親本其親緣關係比較接近，不同公司則相似度較低，由此可知國內花椰菜育種公司，所使用花椰菜親本皆為其培育獨有之自交系。本研究亦找到至少 30 個以上只出現在 F_1 及父本上，而不出現在母本上的分子標誌，這些標誌不但可以種原間親緣關係之探討，更有機會發展應用作為花椰菜 F_1 品種的種子純度鑑定。

關鍵詞：花椰菜、品種、遺傳歧異度、分子標記。

前　言

花椰菜 (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.)，別名：花菜、菜花，為十字花科蕓薹屬之多年生宿根性草本植物，是甘藍類的一個變種。原產於歐洲地中海沿岸一帶，再發展到英國及法國 (Song *et al.* 1990)。約在 85 年前由中國大陸引進台灣栽種 (Chang 1998)。日治時期由農業試驗所從日本及印度引進試種及推廣，經過多年的馴化及適應，以及育種改良，有很多品種變得比較耐熱 (Chang 1998)。花椰菜年產量為 67,877 t，占蔬菜生產面積的 2.5% (2008 年農業統計年報)。台灣地區所選育的十字花科

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2706 號。接受日期：101 年 8 月 10 日。
2. 本所鳳山熱帶園藝試驗分所蔬菜系聘用助理研究員、助理研究員、研究助理、研究助理、助理研究員、副研究員兼主任。台灣 高雄市。
3. 本所鳳山熱帶園藝試驗分所研究員兼分所長。台灣 高雄市。
4. 慶揚生技股份有限公司負責人。台灣 台南市。
5. 通訊作者，電子郵件：kschen@fthes-tari.gov.tw; yauwenyang@yahoo.com.tw；傳真機：(07) 7315590。

蔬菜，大多具有早生、耐熱及質優的特性，不僅是國內最大宗且重要的蔬菜，每年亦有大量種子外銷熱帶及亞熱帶地區或國家，是極具發展潛力的蔬菜種類。目前國內種苗業者所育成的花椰菜品種，大多具有早生及耐熱的特性，而此一特性正是世界上許多國家或地區所缺乏的。因此，如何進行品種鑑定，以保護育種者對其所育成具有早生、晚生、耐熱、抗病或其他特殊性狀等品種的權利保障，特別是鑑定新品種的特性、整齊性、穩定度及品種純度上，皆非常重要。而早期的品種鑑定，多是利用植物外觀形態標誌，做為品種間差異的主要依據，但是外表形態易受到環境因子影響而改變，不易正確鑑定各品種間之差異。近年來因為生物科技的發展，分子標誌技術大量被開發及利用 (Atienzar & Jha 2006)，且由於 DNA 是遺傳的基本物質，所以 DNA 分子標誌可說是最直接的鑑定依據。而應用生物 DNA 層次上所測得的現象和特徵來進行品種鑑定或品系親緣關係之建立，可提供育種者在進行品種改良，親本選擇時的重要參考依據。目前台灣一些商業的 F_1 種原大都由一些私人公司所生產，但是其育種過程的詳細資料卻常付之闕如。而過去已有許多報告關於利用不同 DNA 分子標誌如利用 RFLP (Song *et al.* 1988a, 1988b, 1990; McGrath & Quiros 1992)，RAPD (Hu & Quiros 1991; Mailer *et al.* 1994; Kresovich *et al.* 1995; Yang *et al.* 1997; Divaret *et al.* 1999; Saal & Struss 2005; Saha *et al.* 2008; Lu *et al.* 2009)、以及簡單重複序列 (Kresovich *et al.* 1995; Charters *et al.* 1996; Plieske & Struss 2001; Chen 2004; Chuang *et al.* 2004) 來研究十字花科植物種原遺傳歧異度及鑑定。過去我們對部分花椰菜遺傳歧異及品種鑑定已經有一些研究 (Yang *et al.* 1997, 1998; Chen 2004; Chuang *et al.* 2004)，目前將針對一些耐熱具有外銷潛力的商業品種及其親本利用分子標記從事遺傳標記分析及親緣鑑定。本研究乃針對國內 3 家主要生產花椰菜種子的公司，其自行育成花椰菜品種之 F_1 種子及親本的 DNA，以建立其 DNA 指紋分析資料庫，並利用遺傳分析，探討瞭解不同公司品種間遺傳的歧異度，作為將來品種鑑定及種原利用之參考。

材料與方法

供試品種來源

供試花椰菜品種 (系) 來源，係分別由國內農友 (Known-you Seed Co.)、慶農 (Chinglong Seed Co.) 及欣樺 (Singflow Seed Co.) 等 3 家種苗公司育成之內、外銷 F_1 商業栽培品種、自交系以及本分所收集之花椰菜品系等 18 個品種 (系) (表 1)。

DNA 的萃取

DNA 的抽取採用 Junghans & Metzlaff (1990) 所發展的方法稍加修正。首先稱取 0.1 g 各供試花椰菜品種 (系) 植株生長正常、健康、無病蟲害之新鮮嫩葉，加入適量液態氮，將葉片研磨成粉。於粉末將水化時加入 extraction buffer 1 mL 攪勻。然後倒入 1.5 mL 微量離心管中，於 65℃水浴中搖晃 10 分鐘，再加入 350 μL 的 5 M KOAc，翻轉離心管數次並確定混合均勻後，置於冰上 20 分鐘。以 13,000 rpm (Eppendorf, Centrifuge 5402, Germany) 4℃離心 15 分鐘，將上清液倒入新的微量離心管中，並加入 phenol/chloroform 600 μL，上下晃動混合 3 分鐘。再以 12,000 rpm 離心 10 分鐘，吸取上層液，置入新的離心管中。加入 0.6× 體積 (約 600 μL) 的 isopropanol 混合均勻，在室溫下靜置 30 分鐘。以 10,000 rpm 4℃離心 10 分鐘，倒掉上清液。其沉澱物以 70% 酒精 500 μL 清洗兩次，再於真空濃縮機 STRATQENE 1800 (EYELA, Japan) 乾燥 7 分鐘 (離心轉速 4000 rpm)。加入 50 μL 1× TE buffer，並輕拍管壁使 DNA 溶解。加入 1 μL RNase A 並保持在

表 1. 各公司供試花椰菜品種及其親本

Table 1. Different cultivars and their parental lines of cauliflower used in this study

Cultivar/line	Note	Seed source
M7	♀ parent	Singflow Seed Co., Taiwan
M2	♂ parent	Singflow Seed Co., Taiwan
M7 × M2	F_1 hybrid	Singflow Seed Co., Taiwan
M14	♀ parent	Singflow Seed Co., Taiwan
E7	♂ parent	Singflow Seed Co., Taiwan
M14 × E7	F_1 hybrid	Singflow Seed Co., Taiwan
E13	♀ parent	Singflow Seed Co., Taiwan
M16	♂ parent	Singflow Seed Co., Taiwan
E13 × M16	F_1 hybrid	Singflow Seed Co., Taiwan
M9	♀ parent	Singflow Seed Co., Taiwan
M6	♂ parent	Singflow Seed Co., Taiwan
M9 × M6	F_1 hybrid	Singflow Seed Co., Taiwan
M17	♀ parent	Singflow Seed Co., Taiwan
E2	♂ parent	Singflow Seed Co., Taiwan
M17 × E2	F_1 hybrid	Singflow Seed Co., Taiwan
Snow Fang	♀ parent	Known-you Seed Co., Taiwan
Snow Fang	♂ parent	Known-you Seed Co., Taiwan
Snow Fang	F_1 hybrid	Known-you Seed Co., Taiwan
Johnson Snow	♀ parent	Known-you Seed Co., Taiwan
Johnson Snow	♂ parent	Known-you Seed Co., Taiwan
Johnson Snow	F_1 hybrid	Known-you Seed Co., Taiwan
Baixiu	♀ parent	Known-you Seed Co., Taiwan
Baixiu	♂ parent	Known-you Seed Co., Taiwan
Baixiu	F_1 hybrid	Known-you Seed Co., Taiwan
Known-you Early 2	♀ parent	Known-you Seed Co., Taiwan
Known-you Early 2	♂ parent	Known-you Seed Co., Taiwan
Known-you Early 2	F_1 hybrid	Known-you Seed Co., Taiwan
Li Xue	♀ parent	Known-you Seed Co., Taiwan
Li Xue	♂ parent	Known-you Seed Co., Taiwan
Li Xue	F_1 hybrid	Known-you Seed Co., Taiwan
H37	♀ parent	Chinglong Seed Co., Taiwan
H37	♂ parent	Chinglong Seed Co., Taiwan.
H37	F_1 hybrid	Chinglong Seed Co., Taiwan.
H41	♀ parent	Chinglong Seed Co., Taiwan
H41	♂ parent	Chinglong Seed Co., Taiwan
H41	F_1 hybrid	Chinglong Seed Co., Taiwan
H46	♀ parent	Chinglong Seed Co., Taiwan
H46	♂ parent	Chinglong Seed Co., Taiwan
H46	F_1 hybrid	Chinglong Seed Co., Taiwan
H55	♀ parent	Chinglong Seed Co., Taiwan.
H55	♂ parent	Chinglong Seed Co., Taiwan

表 1. 各公司供試花椰菜品種及其親本 (續)
Table 1. Different cultivars and their parental lines of cauliflower used in this study (continued)

Cultivar/line	Note	Seed source
H55	F_1 hybrid	Chinglong Seed Co., Taiwan
M45	♀ parent	Chinglong Seed Co., Taiwan.
M45	♂ parent	Chinglong Seed Co., Taiwan
M45	F_1 hybrid	Chinglong Seed Co., Taiwan
H80	♀ parent	Chinglong Seed Co., Taiwan.
H80	♂ parent	Chinglong Seed Co., Taiwan
H80	F_1 hybrid	Chinglong Seed Co., Taiwan
Fengshan very Early	Open Pollinated	Chinglong Seed Co., Taiwan
Known-you very Early	Open Pollinated	Chinglong Seed Co., Taiwan

37℃，30 分鐘後將試管移至 70℃ 5 分鐘後，另取 5 µL 稀釋成 500 µL 測定其 OD_{260} 之讀值，及計算 DNA 含量濃度，其餘 DNA 溶液儲存於 -20℃備用。

逢機引子之篩選

以 6 組 Operon A, B, C, D, E, and L kits 的 120 個逢機引子 (Eurofins MWG Operon, Huntsville, Al, USA)，針對不同公司的種原進行初步的篩選，然後由其中選出可產生多型性 DNA 條帶的 7 個引子來做品種鑑定，每個試驗皆進行 3 個重複，來確定其再現性。

PCR 反應及電泳膠分析

參考 Yang *et al.* (1998) 方法，進行 PCR 反應及電泳膠分析。將萃取得之花椰菜基因組 DNA 先稀釋濃度 10 ng/µL 作為模板 DNA (template DNA)，每一樣品反應總體積為 25 µL，內容物含 2.5 µL 的 10× PCR buffer，0.25 µL 的 10 mM dNTPs，1.5 mM $MgCl_2$，0.4 µL 的 5 Unit Taq DNA polymerase (MDBio Inc., Taipei, Taiwan)，0.4 µL primer (20 µM) 及花椰菜 2.5 µL 的 DNA (10 ng/uL) 混合於 0.2 mL 微量離心管中。置於 PCR 熱循環儀 (Stratagene Cloning System)，型號 RoboCycler Gradient 96 temperature Cycler #400884，進行聚合反應。PCR 溫度條件設定為先進行 94℃ 5 分鐘；再以 94℃ 1 分鐘→ 37℃ 1 分鐘→ 72℃ 2 分鐘為 1 循環，如此做重複進行 40 個循環反應；最後以 72℃ 10 分鐘使反應完全，反應完成時自動保存在 4℃。經 PCR 增殖之 DNA，加入 1 µL 6× sample loading dye [1.0 mM EDTA-Na_2, 0.4% bromophenol blue (w/v), 0.4% Xylene cyand (w/v), 50% glycerol] 混合後，在 1.2% 的 Agarose 進行電泳，再以 ethidium bromide 染色，在 UV 燈下觀察並照相記錄。

親緣性之資料分析

PCR 增殖後之 DNA 條帶，根據不同樣本存在與否，存在標示為 1，不存在標示為 0，三重複中至少有 2 次試驗結果為一致才可算為入選分子標記，列表後參考 Chuang *et al.* (2004) 等方法，使用 Bayesian analysis (Huelsenbeck & Ronquist 2001)，進行親緣樹分析。本試驗用 Bayesian 方法以最大值 (maximum likelihood method) 將至少具有 50% 以上機率聚合在一起的樣本歸納在一起，建立樹狀圖。

結　　果

逢機引子篩選

試驗之初，由三個公司各選出 1–2 個品種的親本當樣本，對 120 個逢機引子 (Operon

A, B, C, D, E, and L kits) 進行初步篩選，其中 OPA-1，OPA-13，OPA-18，OPB-5，OPB-15，OPE-15 及 OPL-18 等 7 個可產生具再現性之多型性 DNA 條帶。再利用此 7 個引子，進一步針對國內 3 家花椰菜育種公司所提供的親本自交系進行 DNA 分子標誌篩選 (表 1)，總計選獲 92 個多型性條帶。由這些多型性條帶，可以很明顯的把不同品種或雜交組合的親本分辨出來 (圖 1)。

OPA1-600 可分辨欣樺 M7 和 M2 (為 M7 × M2 的親本)；OPA1-1000 可用於區別 M14 和 E7 (為 M14 × E7 的親本)。且有些分子標誌也可以用於區分不同公司的品種。如 OPA18-1700 及 OPA18-1850 兩分子標誌只出現在慶農種苗公司所育成花椰菜品種上而不出現在農友種苗公司育成花椰菜品種上 (圖 2)。

由親緣關係看不同公司或不同品種的特性

使用 32 個不同公司親本及自交系來研究不同種原之間的親緣關係 (表 2)，以慶農公司 H80 的晚生母本做為 outgroup，根據 Bayesian analysis 所產生的親緣關係圖，並探討不同群之間關係的可信度 (圖 3)。由試驗結果得知，對同一家公司內大部分親本其親緣關係比較接近。例如欣樺種苗公司的 M7 (A1) 及 M1 (A2) 品種，其聚合在一起的機率達 95%；M14 (A3) 及 M9 (A7) 品種，其聚合在一起的機率達 91%；除了 E2 (A10) 外，欣樺種苗公司的 9 供測試品種，聚合在一起的機率達 61%；農友種苗公司的鳳山極早生 (C1) 及農友極早生品種 (C2)，聚合在一起的機率達 89%，其和欣樺種苗公司的 9 供測試品種 (A1–A9) 及慶農種苗公司的 H41 父本 (D4) 聚合在一起的機率達 60%。另外麗雪母本 (B1)、芳雪母本 (B9) 聚合在一起的機率達 65% 然後再和麗雪父本 (B2)、白秀母本 (B3)、嬌雪母本 (B5) 及嬌雪父本 (B6) 聚合在一起的機率達 89%。而

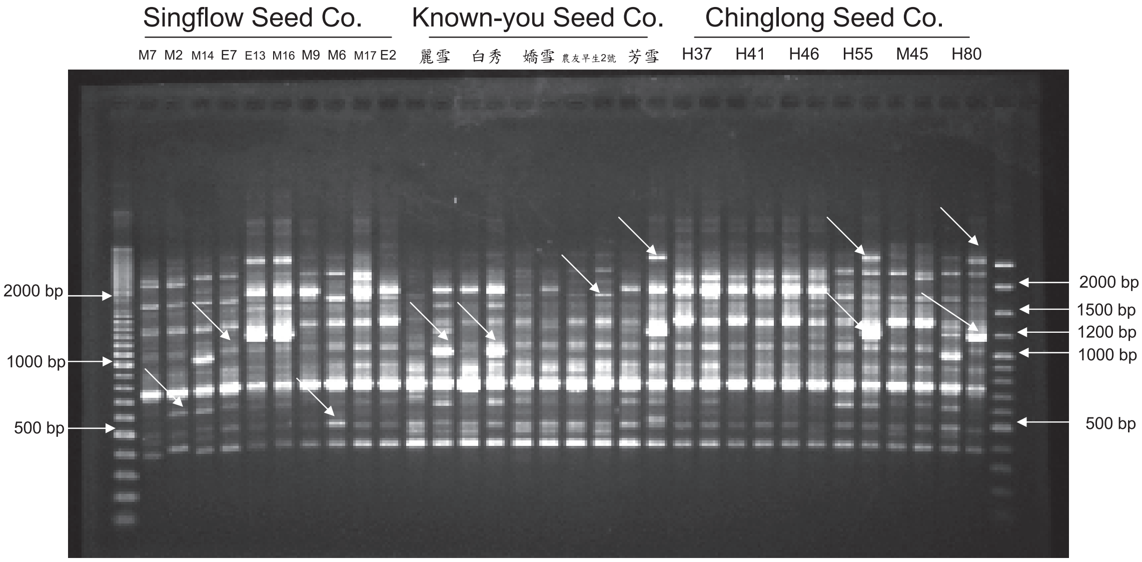

圖 1. 三家種苗公司所提供的花椰菜之親本利用 OPA-1 引子所增幅出之 DNA 分子多型性。

Fig. 1. DNA polymorphism produced by OPA-1 primer in parental lines of respective F_1 hybrid from three seed companies in Taiwan is shown. The arrows indicate some molecular markers which can be used to distinguish two parental lines of F_1.

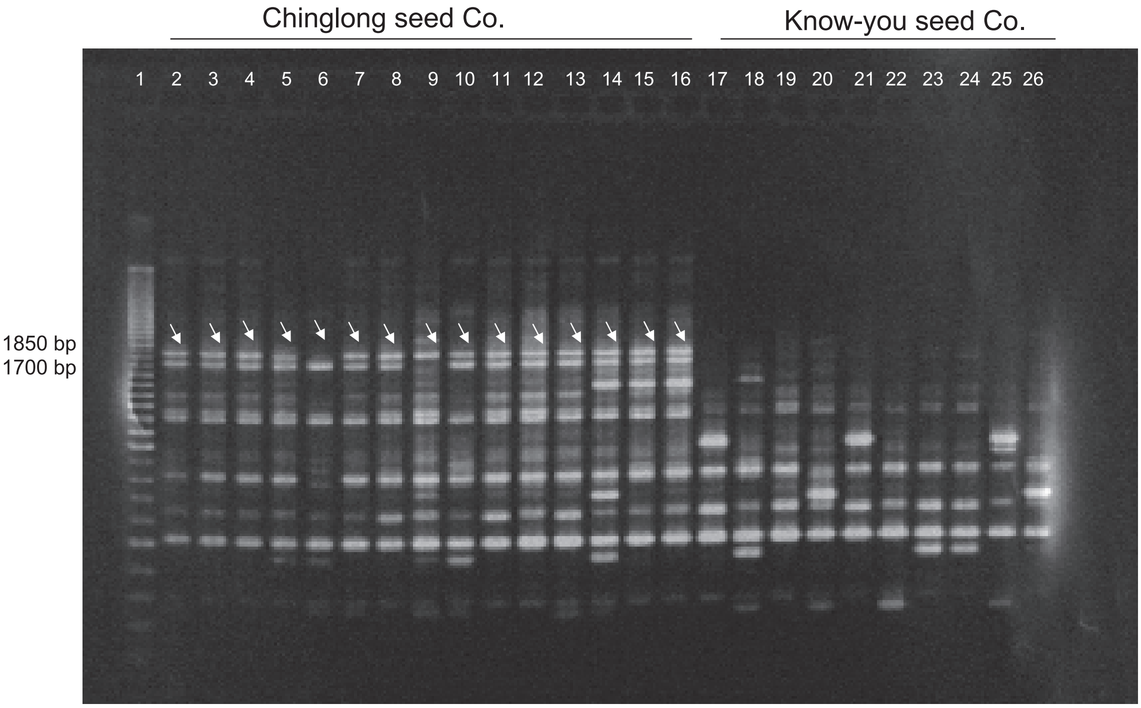

圖 2. OPA-18 產生的分子標誌圖，其中 OPA18-1700 及 OPA18-1850 的分子標誌只出現在慶農種苗公司所育成花椰菜品種上而不出現在農友種苗公司育成花椰菜品種上。行 2、4、6、8、10 及 14 為慶農種苗公司 H37、H46、H55、M45、S65 及 H68 之母本。行 3、5、7、9、11 及 13 為 H37、H46、H55、M45、S65 及 H68 之父本。行 17、19、21、23 及 25 為農友種苗公司麗雪、白秀、嬌雪、農友早生 2 號及芳雪母本。行 18、20、22、24 及 26 為農友種苗公司麗雪、白秀、嬌雪、農友早生 2 號及芳雪父本。

Fig. 2. RAPD banding profile of 25 cauliflower cultivars generated by OPA-18 primer. Two markers, OPA-1700 and OPA18-1850, were present in the accessions of Chinglong Seed Co. (lane 2–16, arrows) but they were absent in the accessions of Known-you Seed Co. (lane 17–26). Lane 2, 4, 6, 8, 10, and 14 are female parents of H37, H46, H55, M45, and S65, and H68 and lane 3, 5, 7, 9, 11, 12, 13, 15, and 16 are male parents of H37, H46, H55, M45, S65, S85, S90, H68, and H80 form Chinglong Seed company. Lane 17, 19, 21, 23, and 25, are female parents and lane 18, 20, 22, 24, and 26 are male parents of Li Xue, Baixiu, Johnson Snow, Known-you early, and Snow Fang from Known-you Seed Company.

慶農種苗公司的 H37 的母本 (D1) 及 H41 的母本 (D3) 聚合在一起的機率達 53%，然後再和 H46 的父本 (D6)、母本 (D5) 聚合在一起機率達 70%。其 H55 父本 (D8)、H80 父本 (D12) 聚合在一起的機率達 96%；相似值數值越高代表可信度越高。由此可知國內花椰菜育種公司，所使用花椰菜親本皆為其培育獨有之自交系。就單一公司而言，早生親本和中晚生親本也可清楚分辨出來。例如慶農種苗公司的 H37、H41 及 H46 品種屬於早生親本，而 H55 及 H80 分別屬於中晚生親本。

尋找可作為品種純度檢定的分子標誌

收集不同種苗公司所提供之母本及父本自交系，利用 OPA-1、OPA-13、OPA-18、OPB-5、OPB-15、OPE-15 及 OPL-18 等 7 個可產生多型性條帶的逢機引子，分別進行種苗公司所提供花椰菜 F_1 商業品種及其自交系母本和父本之 DNA 分析，包括欣樺種苗公司 5 組雜交組合的父母本、農友種苗公司 5 組雜交組合的父母本及慶農種苗公司的 6 組雜交組合的父

表 2. 花椰菜指紋圖譜分析品種來源及代號

Table 2. Different parental lines from three seed companies are assigned with different codes in this study

Code	Cultivar/line	Seed source
A1	M7	Singflow Seed Co.
A2	M2	Singflow Seed Co.
A3	M14	Singflow Seed Co.
A4	E7	Singflow Seed Co.
A5	E13	Singflow Seed Co.
A6	M16	Singflow Seed Co.
A7	M9	Singflow Seed Co.
A8	M6	Singflow Seed Co.
A9	M17	Singflow Seed Co.
A10	E2	Singflow Seed Co.
B1	Li Xue ♀	Known-you Seed Co.
B2	Li Xue ♂	Known-you Seed Co.
B3	Baixiu ♀	Known-you Seed Co.
B4	Baixiu ♂	Known-you Seed Co.
B5	Johnson Snow ♀	Known-you Seed Co.
B6	Johnson Snow ♂	Known-you Seed Co.
B7	Known-you Early 2 ♀	Known-you Seed Co.
B8	Known-you Early 2 ♂	Known-you Seed Co.
B9	Snow Fang ♀	Known-you Seed Co.
B10	Snow Fang ♂	Known-you Seed Co.
D1	H37 ♀	Chinglong Seed Co.
D2	H37 ♂	Chinglong Seed Co.
D3	H41 ♀	Chinglong Seed Co.
D4	H41 ♂	Chinglong Seed Co.
D5	H46 ♀	Chinglong Seed Co.
D6	H46 ♂	Chinglong Seed Co.
D7	H55 ♀	Chinglong Seed Co.
D8	H55 ♂	Chinglong Seed Co.
D9	M45 ♀	Chinglong Seed Co.
D10	M45 ♂	Chinglong Seed Co.
D11	H80 ♀	Chinglong Seed Co.
D12	H80 ♂	Chinglong Seed Co.
C1	Fengshan very Early	Known-you Seed Co.
C2	Known-you very Early	Known-you Seed Co.

母本，合計 32 個花椰菜的雜交親本 (表 1)。尋找只出現於 F_1 及父本上，而不出現在母本上的分子標誌 (表 3)，期可作為品種純度的檢定。由試驗結果顯示，在欣樺種苗公司中找到 13 個分子標誌，可鑑定 6 個雜交組合。在農友種苗公司中找到 7 個分子標誌，可鑑定 3 個雜交組合。在慶農種苗公司中找到 18 個分子標誌，可鑑定 8 個雜交組合。如慶農 H80 的 OPA1-1100 及 H90 的 OPA1-1200 等分子標記，已經用於 F_1 商業生產種子的純度鑑定。

圖 3. 花椰菜各親本及自交系依據 MCMC analysis 分析之親緣關係圖。

Fig. 3. Phylogenetic tree of generated by maximum likelihood method based on the data of 34 parental lines of cauliflower in this study. The tree generated by Bayesian analysis shows mean branch lengths of 50% majority-rule consensus tree from one-million generation MCMC analysis. The numbers on the branches represent posterior probability values.

討　論

花椰菜原產於地中海沿岸，台灣於六十餘年前 (日治時代) 開始引進試種，經多年馴化育種改良至今已發展出非常多的品種，依定植後到採收的天數分為早生、中生、晚生系統，不僅成熟早晚不同，且春化作用所需的溫度及時間長短亦不同 (Chang 1998)。目前台灣所栽培的花椰菜品種大部分為民間種苗公司育成的雜種一代，其育成譜系及其親緣關係多為商業機密。因此若能建立不同成熟期花椰菜品種間的親緣關係資訊，並建立園藝性狀相關之分子標誌，將有助於品種的鑑別、雜交育種時的親本選擇及種源利用時的參考 (Chen 2004)。Hu & Quiros (1991) 以 RAPD 分子標誌研究美國花椰菜品種的遺傳變異，來自相同種苗公司的品種有相似的條帶表現。Yang (1998) 以 RAPD 標誌研究台灣一些花椰菜與青花菜商業用品種的遺傳變異，結果顯示花椰菜品種間的遺傳變異小於青花菜品種間的遺傳變異，不同公司的品種可以加以區分。而本文要以台灣具有外銷潛力的商業品種及其親本來探討不同花椰菜品種的親本之遺傳變異，並找出可用的分子標誌，來檢測商業品種 F_1 的純度。

自 RAPD 分子標誌發展出來 (Welsh & McClelland 1990; Williams *et al.* 1990) 其再現性一直受到許多人的質疑，但是在 1990–2005 年仍然有 9000 篇文章發表 (Atienzar & Jha 2006)。在 PCR 反應時，有些條件經適當的調整，RAPD 分子標誌仍然是一個可信賴用於偵測 DNA 變異的方式。近年來 DNA microarray 及 SNP 利用可用來偵測基因體的變化，但是 RAPD 分子標誌的分析比以上的方法來的快速及便宜，且可以偵測整個基因體的變化。

根據本研究比較國內 3 家花椰菜育種公司所使用親本的親緣性關係 (表 1、圖 3)。結果顯示，3 家公司花椰菜品種的親本 (為自交系) 皆可獨立區分出來，足以建立不同自交系的親緣關係。同一家公司內大部分親本其親緣關係比較接近，不同公司則相似度較低，由此可知國內花椰菜育種公司，所使用花椰菜親本皆為其培育獨有之自交系。Hu & Quiros (1991) 的研究不同種子公司花椰菜及青花菜也有類似的現象。另一方面不同公司的品系大部分早生種和中晚生種，如慶農公司晚生品種 H80 的親本 D11 和 D12 可以和早生品種 H37 或 H41 的親本 (D1，D2，D3，D4)，可明顯區分出來 (圖 3)，Chen (2004) 利用 SSR 分子標誌所得到的結果也很一致。而根據文獻報導，親本親緣關係較遠時，其 F_1 雜種優勢較強，根據圖 3 之親本親緣關係，也許可以協助我們瞭解台灣 F_1 品種其雜種優勢 (Abel *et. al.* 2005; Chen *et al.* 2005; Astarini *et al.* 2006; Teklewold & Becker 2006)。

另一方面，利用比較父母本及 F_1 分子標記的表現，我們找到至少 30 個以上的分子標誌，只出現在 F_1 及父本上，而不出現在母本上的分子標誌 (表 3)，這些標誌的組合可以協助分別不同 F_1 品種；並且可以辨別是否為母本自交系自交種子所造成 F_1 品種的種子不純率 (Crockett *et al.* 2000)，可應用在 F_1 品種的種子純度鑑定上。這些資料我們已建立成 Excel 的資料檔，可供廠商檢測其 F_1 純度的參考；目前我們已知至少有一家公司已利用這些結果從事其商業生產 F_1 種子的純度鑑定。並且我們可以根據這些特定分子標誌的 DNA 序列去合成專一的引子 (Saal & Struss 2005; Zhang *et al.* 2008) 應用在 F_1 品種的種子純度鑑定上。

結　論

利用分子標誌除了可以區分不同公司的親本外，亦利用 F_1 品種父母本具有不同的分子標誌來檢測其 F_1 品種後代的純度。根據國內不同私人種苗業者或公家機關育種者所提供之

表 3. 各花椰菜品種之指紋圖譜用來分析 F_1 的特異性條帶

Table 3. The putative specific DNA markers for testing cauliflower cultivars from three seed companies in Taiwan

Primer	DNA size (bp)	Clone	Cultivar	Seed source
OPB-5	1800	OPB5-1800	M14 × E7	Singflow Seed Co.
OPB-15	1200	OPB15-1200	M14 × E7	Singflow Seed Co.
OPA-18	1900	OPA18-1900	E13 × M16	Singflow Seed Co.
OPL-18	800	OPL18-800	E13 × M16	Singflow Seed Co.
OPA-1	2500	OPA1-2500	M9 × M6	Singflow Seed Co.
OPB-15	500	OPB15-500	M9 × M6	Singflow Seed Co.
OPB-15	1000	OPB15-1000	M9 × M6	Singflow Seed Co.
OPA-18	1900	OPA18-1900	M17 × E2	Singflow Seed Co.
OPL-18	800	OPL18-800	M17 × E2	Singflow Seed Co.
OPB-5	1800	OPB5-1800	M14 × E7	Singflow Seed Co.
OPB-15	1200	OPB15-1200	M14 × E7	Singflow Seed Co.
OPA-18	1900	OPA18-1900	E13 × M16	Singflow Seed Co.
OPL-18	800	OPL18-800	M17 × E2	Singflow Seed Co.
OPA-1	1000	OPA1-1000	Baixiu	Known-you Seed Co.
OPA-18	700	OPA18-700	Baixiu	Known-you Seed Co.
OPL-18	800	OPL18-800	Baixiu	Known-you Seed Co.
OPL-18	1500	OPL18-1500	Johnson Snow	Known-you Seed Co.
OPA-18	700	OPA18-700	Snow Fang	Known-you Seed Co.
OPB-5	1000	OPB5-1000	Snow Fang	Known-you Seed Co.
OPB-15	1250	OPB15-1250	Snow Fang	Known-you Seed Co.
OPB-15	1250	OPB15-1250	H-41	Chinglong Seed Co.
OPA-1	1100	OPA1-1100	H-55	Chinglong Seed Co.
OPA-13	1250	OPA13-1250	H-55	Chinglong Seed Co.
OPB-5	1000	OPB5-1000	H-55	Chinglong Seed Co.
OPE-15	1000	OPE15-1000	H-55	Chinglong Seed Co.
OPE-15	1400	OPE15-1400	H-55	Chinglong Seed Co.
OPE-15	450	OPE15-450	H-68	Chinglong Seed Co.
OPL-18	840	OPL18-840	H-68	Chinglong Seed Co.
OPA-1	1100	OPA1-1100	H-80	Chinglong Seed Co.
OPB-15	500	OPB15-500	H-80	Chinglong Seed Co.
OPE-15	450	OPE15-450	H-80	Chinglong Seed Co.
OPL-18	840	OPL18-840	H-80	Chinglong Seed Co.
OPE-15	950	OPE15-950	M-45	Chinglong Seed Co.
OPB-15	350	OPB15-350	S-65	Chinglong Seed Co.
OPA-13	1250	OPA13-1250	S-85	Chinglong Seed Co.
OPA-1	1200	OPA1-1200	S-90	Chinglong Seed Co.
OPE-15	450	OPE15-450	S-90	Chinglong Seed Co.
OPE-15	850	OPE15-850	S-90	Chinglong Seed Co.

花椰菜主要商業栽培品種，建立 DNA 指紋分析資料庫，並利用遺傳分析，瞭解不同品種間遺傳的歧異度，可作為品種鑑定及種原利用之參考。另一方面，我們找到至少 30 個以上的

分子標誌，只出現在 F_1 及父本上，而不出現在母本上的分子標誌，這些標誌不但可以鑑別這些品種的親緣性，且可作為種原間親緣關係之探討，也可應用作在 F_1 品種的種子純度鑑定上。利用分子標記及田間形態、生長調查之特徵，以建立台灣重要耐熱花椰菜商業品種之鑑定技術，配合快速抽取單一 F_1 種子 DNA 的方法，不但可保護種苗業者在 F_1 商業品種專利，並可有效提高生產 F_1 雜交種子的純度及檢定技術。最終目的希望促成我國蔬菜產業升級及提高國際市場競爭力。

引用文獻 (Literature cited)

Abel, S., C. Mollers, and H. C. Becker. 2005. Development of synthetic *Brassica napus* lines for the analysis of 'fixed heterosis' in allopolyploid plants. Euphytica 146:157–163.

Astarini, I. A., J. A. Plummer, R. A. Lancaster, and G. Yan. 2006. Genetic diversity of Indonesian cauliflower cultivars and their relationships with hybrid cultivars grown in Australia. Sci. Hortic. 108:143–150.

Atienzar, F. A. and A. N. Jha. 2006. The random amplified polymorphic DNA (RAPD) assay and related techniques applied to genotoxicity and carcinogenesis studies: a critical review. Mutat. Res. 613: 76–102

Chang, L. C. 1998. Varietal improvement of cruciferous vegetables in Taiwan. p.35–53. *in* the Proceedings of Symposium on Industrial Development of Cruciferous Vegetables. Taoyuan Dist. Agric. Improv. Sta. Taoyuan. (in Chinese)

Charters, Y. M., A. Roberson, and M. J. Wilkinson. 1996. PCR analysis of oilseed rape cultivars (*Brassica napus* L. ssp. *oleifera*) using 5'-anchored simple sequence repeat (SSR) primers. Theor. Appl. Genet. 92:442–447.

Chen, L. P., M. F. Zhang, C. S. Li, and Y. Hirata. 2005. Production of interspecific somatic hybrids between tuber mustard (*Brassica juncea*) and red cabbage (*Brassica oleracea*). Plant Cell Tiss. Organ Cult. 80:305–311.

Chen, Y. T. 2004. Genetic Variation of *Brassica oleracea* L. var. *botrytis* and *B. rapa* L. in Taiwan as Depicted by Simple Sequence Repeat Markers. Master Thesis, Department of Horticulture, National Taiwan University. Taipei. 87 pp.

Chuang, H. Y., S. J. Tsao, J. N. Lin, K. S. Chen, T. D. Liou, M. C. Chuang, and Y. W. Yang. 2004. Genetic diversity and relationship of non-heading Chinese cabbage in Taiwan. Bot. Bull. Acad. Sin. 45:331–337.

Crockett, P. A., P. L. Bhalla, C. K. Lee, and M. B. Singh. 2000. RAPD analysis of seed purity in a commercial hybrid cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) cultivar. Genome 43:317–321.

Divaret, I., E. Margalé, and G. Thomas. 1999. RAPD markers on seed bulks efficiently assess the genetic diversity of a *Brassica oleracea* L. collection. Theor. Appl. Genet. 98:1029–1035.

Hu, J. and C. F. Quiros. 1991. Identification of broccoli and cauliflower cultivars with RAPD markers. Plant Cell Rep. 10:505–511.

Huelsenbeck, J. P. and F. Ronquist. 2001. MRBAYES: Bayesian inference of phylogeny. Bioinformatics 17:754–755.

Junghans, H. and M. Metzlaff. 1990. A simple and rapid method for the preparation of total plant DNA. BioTechniques 8:176.

Kresovich, S., A. K. Szewc-McFadden, S. M. Bliek, and J. R. McFerson. 1995. Abundance and characterization of simple-sequence repeats (SSRs) isolated from a size-fractionated genomic library of *Brassica napus* L. (rapeseed). Theor. Appl. Genet. 91:206–211.

Lu, X., L. Liu, Y. Gong, L. Zhao, X. Song, and X. Zhu. 2009. Cultivar identification and genetic diversity analysis of broccoli and its related species with RAPD and ISSR markers. Sci. Hortic. 122:645–648.

Mailer, R. J., R. Scarth, and B. Fristensky. 1994. Discrimination among cultivars of rapeseed (*Brassica napus* L.) using DNA polymorphism amplified from arbitrary primers. Theor. Appl. Genet. 87:696–704.

McGrath, J. M. and C. F. Quiros. 1992. Genetic diversity at isozyme and RFLP loci in *Brassica campestris* as related to corp type and geographical origin. Theor. Appl. Genet. 83:783–790.

Plieske, J. and D. Struss. 2001. Microsatellite markers for genome analysis in *Brassica*. I. Development

in *Brassica napus* and abundance in *Brassicaceae* species. Theor. Appl. Genet. 102:689–694.

Saal, B. and D. Struss. 2005. RGA- and RAPD-derived SCAR markers for a *Brassica* B-genome introgression conferring resistance to blackleg in oilseed rape. Theor. Appl. Genet. 111:281–290.

Saha, S., R. Molla, D. Chandra, and L. Rahman. 2008. Assessment of genetic variation and relationships within the varieties of four *Brassica* species by RAPD markers. Aus. J. Crop Sci. 2:105–114.

Song, K. M., T. C. Osborn, and P. H. Williams. 1988a. *Brassica* taxonomy based on nuclear restriction fragment length polymorphisms (RFLPs): 1. Genome evolution of diploid and amphidiploid species. Theor. Appl. Genet. 75:784-794.

Song, K. M., T. C. Osborn, and P. H. Williams. 1988b. *Brassica* taxonomy based on nuclear restriction fragment length polymorphisms (RFLPs): 2. Preliminary analysis of subspecies within *B. rapa* (syn. *campestris*) and *B. oleracea.* Theor. Appl. Genet. 76:593-600.

Song, K. M., T. C. Osborn, and P. H. Williams. 1990. *Brassica* taxonomy based on nuclear restriction fragment length polymorphisms (RFLPs): 3. Genome relationship in *Brassica* and related genera and the origin of *B. oleracea* and *B. rapa* (syn. *campestris*). Theor. Appl. Genet. 79:497–506.

Teklewold, A. and H. C. Becker. 2006. Comparison of phenotypic and molecular distances to predict heterosis and F_1 performance in Ethiopian mustard (*Brassica carinata* A. Braun). Theor. Appl. Genet. 112:752–759.

Welsh, J. and M. McClelland. 1990. Fingerprinting genomes using PCR with arbitrary primers. Nucleic Acid Res. 18:7213–7218.

Williams, J. G. K., A. R. Kubelik, K. J. Livak, J. A. Rafalski, and S. V. Tingey. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. Nucleic Acid Res. 18:6531–6535.

Yang, Y. W., S. F. Hung, T. H. Wong, T. L. Chang, H. Huang, and C. T. Tsai. 1997. Using RAPD markers to study genetic variation among F_1 hybrids and their parents of broccoli and cauliflower. J. Chinese Soc. Hort. Sci. 43:306–313.

Yang, Y. W., W. H. J. Kuo, and T. H. Wong. 1998. Genetic polymorphism of seven populations of *Capsella bursa-pastoris* based on RAPD markers. Bot. Bull. Acad. Sin. 39:17–21.

Zhang, F., G. Wang, M. Wang, X. Liu, X. Zhao, Y. Yu, D. Zhang, and S. Yu. 2008. Identification of SCAR markers linked to or, a gene inducing beta-carotene accumulation in Chinese cabbage. Euphytica 164:463–471.

Studies on Genetic Variation among Commercial Cultivars and Parental Lines of Cauliflower in Taiwan[1]

Hui-Ling Lo[2], Shough-Peng Lee[2], Xiu-Ping Chen[2], De-Lin Cai[2], Jaw-Neng Lin[2], San-Tai Wang[2], Kan-Shu Chen[3,5], and Yau-Wen Yang[4,5]

Abstract

Lo, H. L., S. P. Lee, X. P. Chen, D. L. Cai, J. N. Lin, S. T. Wang, K. S. Chen, and Y. W. Yang. 2012. Studies on genetic variation among commercial cultivars and parental lines of cauliflower in Taiwan. J. Taiwan Agric. Res. 61:285–297.

This study was to investigate genetic variation of cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis*), using 16 commercial hybrid cultivars developed in Taiwan and their parental lines and two open pollinated lines; and to find molecular markers which can be used for testing F_1 seed parity. Seven oligomers from initial screening were selected and used to generate 92 polymorphic molecular markers for studying phylogenetic relationships among these 34 cauliflower Cultivars/lines from three seed companies. The phylogenetic tree of the 34 cauliflower Cultivars/lines showed that seed source was an important factory affecting genetic relationships of cauliflower, Cultivars/lines from same company were more closely related then Cultivars/lines from different companies. Moreover, more than 30 molecular markers were present in F_1 hybrids and male parent but were absent in female parent. These molecular markers can be used to test the purity of F_1 seeds of cauliflower and, are of potential for commercial production of hybrid cultivars.

Key words: Cauliflower, Variety, Genetic diversity, Molecular marker.

---

1. Contribution No. 2706 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: August 10, 2012.
2. Respectively, Assistant Researcher, Assistant Researcher, Assistant, Assistant, Assistant Researcher, Associate Researcher and Head, Department of Vegetable Crops, Fengshan Tropical Horticulture Experimental Station, TARI, Kaohsiung, Taiwan, ROC.
3. Researcher and Director, Fengshan Tropical Horticulture Experimental Station, TARI, Kaohsiung, Taiwan, ROC.
4. Research Scientist, Kale Biotechnology, Tainan, Taiwan, ROC.
5. Corresponding author, e-mail: kschen@fthes-tari.gov.tw; yauwenyang@yahoo.com.tw; Fax: (07)7315590.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 61(4):298–315 (2012)

List of Pseudococcidae (Hemiptera: Coccoidea) Deposited at the Insect Collection of Taiwan Agricultural Research Institute (TARI)[1]

Shu-Pei Chen[2,5], Jen-Yu Wong[2], and Wen-Jen Wu[3,4]

Abstract

Chen, S. P., J. Y. Wong, and W. J. Wu. 2012. List of Pseudococcidae (Hemiptera: Coccoidea) deposited at the Insect Collection of Taiwan Agricultural Research Institute (TARI). J. Taiwan Agric. Res. 61:298–315.

A list of 72 species in 35 genera with 872 slide mounted specimens of Pseudococcidae (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea) deposited at Insect Collection of the Taiwan Agricultural Research Institute (TARI) is provided. The specimens were mainly collected during Japanese Colonial Period. Synonyms, host plants and distribution for each species are procided.

Key words: Pseudococcidae, Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Slide-mounted specimens.

Introduction

Scale insects (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea) of Taiwan have been extensively studied by serveral western and Japanese entomologists such as Green, Chamberlin, Ferris, Takahashi and Takagi since 1923 (Tao 1978). Most of the slide-mounted specimens of Pseudococcidae (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea) collected by Takahashi were deposited at the Insect Collection, Division of Applied Zoology, Taiwan Agricultural Research Institute (TARI). Among them, a great number of slide-mounted specimens were types designated by Takahashi. However, a considerable number of species names used by Takahashi have been changed or synonymized with the other names. In this list, taxonomic status of all slide-mounted specimens were revised based on the modern taxonomic studies.

Materials and Methods

A total of 872 slide-mounted specimens were examined by Optical Microscope (Leitz DMRB) in this study. Distribution data of each species were compiled based on the information provided on the slide-mounted specimens deposited at the TARI Insect Collection.

Results

A total of 72 species of Pseudococcidae were identified. Among them, there were 30 species described by Takahashi. The following list provides comprehensive information on the nomenclature, synonymies, host plants, and distribution of each species. Appendix of the locality records included in the paper (Table 1) (Chu & Yamanaka 1973, 1974, 1975).

---

1. Contribution No. 2710 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: August 22, 2012
2. Respectively, Assistant Agronomist and Technical Worker, Applied Zoology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Professor, Department of Entomology, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.
4. Professor, Research Center for Plant Medicine, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.
5. Corresponding author, e-mail: spchen@tari.gov.tw; Fax: (04)23317600.

Allomyrmococcus acariformis **Takahashi, 1941** (Takahashi 1941; Tang 1992; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Allomyrmococcus acariformis* Takah. (10 slides)

Distribution: Thailand (Mt. Sutep).

Note: Holotype, female [collected from Thailand: Mt. Sutep, near Chiengrai, on Leguminosae, associated with an ant *Dolichoderus* sp., 05- IV-1940 by R. Takahashi (#51-5-1-1~#51-5-2-5-b)].

Antonina crawi **Cockerell, 1900** (Tao 1989; Cockerell 1900; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Antonina crawi* Ckll. (10 slides)

Distribution: Japan (Kyoto; Loochoo: Nago); Taiwan (Taihoku: Hichiseisan, Sozan, Taihoku).

Syn.: *Antonina* (*Antonina*) *crawii* (Cockerell 1900).

Antonina graminis **(Maskell, 1897)** (Maskell 1897b; Cockerell 1899; Green 1908; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Antonina indica* Green. (11 slides)

Distribution: India; Palau Isls. (Korror); Taiwan (Taichu: Kori; Taihoku); USA (Saipan: Garapan).

Syn.: *Sphaerococcus graminis* Maskell, 1897; *Chaetococcus graminis* Maskell, 1898; *Antonina indica* Green, 1908; *Antonina littoralis* Cockerell & Bueker, 1930.

Antonina pretiosa **Ferris, 1953** (Ferris 1953; Tang 1992)

Original spelling on label: *Antonina pretiosa* Ferris. (2 slides)

Distribution: Singapore.

Antonina thaiensis **Takahashi, 1942** (Takahashi 1942b; Tang 1992; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Antonina thaiensis* Takah. (2 slides)

Distribution: Malaysia (Malaya: Serdang); Thailand (Siam: Bangkok Noi).

Note: Syntype, female [collected from Thailand: Bangkok, on bamboo, 27-III-1940 by R. Takahashi (#51-4-4-1)].

Balanococcus diminutus **(Leonardi, 1918)** (Leonardi 1918; Morrison 1925; Cox 1987; Tang 1992; Tao 1999; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Trionymus diminutus* Newstead. (12 slides)

TARI specimens Distribution: Taiwan (Byoritsu; Nantou: Horin; Taichu: Kori; Taito).

Syn.: *Pseudococcus diminutus* Leonardi, 1918; *Trionymus diminutus* (Leonardi, 1918); *Erium diminutum* (Leonardi, 1918).

Brevennia pulveraria **(Newstead, 1892)** (Newstead 1892; Goux 1933; Miller 1975; Tang 1992; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Trionymus pulverarius* Newstead. (3 slides)

Distribution: Taiwan (Nantou: Sankakuho).

Syn.: *Ripersia pulveraria* Newstead, 1892; *Dactylopius pulverarius* (Newstead, 1892); *Trionymus pulverarius* (Newstead, 1892); *Erium pulverarium* (Newstead, 1892); *Brevennia krishtali* Tereznikova, 1962; *Brevennia pulverarius* (Newstead, 1892).

Chaetococcus bambusae **(Maskell, 1893)** (Maskell 1893; Kirkaldy 1902; Ferris 1921; Tao 1989; Tang 1992; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Antonina bambusae* Mask. (38 slides)

Distribution: China (Canton); Japan (Hokkaido: Sapporo; Okinawa: Daito-Jima); Taiwan (Kagi; Nantou: Hori; Taihoku: Hokuto, Shirin, Taihoku); Thailand (Siam: Bangkok); USA (Saipan: Garapan, Saipan)

Syn.: *Sphaerococcus bambusae* Maskell, 1893; *Kermicus bambusae* (Maskell, 1893); *Antonina* (*Chaetococcus*) *bambusae* (Maskell, 1893); *Antonina bambusae* (Maskell, 1893).

Coccidohystrix insolita **(Green, 1908)** (De Lotto 1969; Green 1908; Tang 1992; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Phenacoccus insolitus* Green. (1 slide)

Distribution: India (Bangalore: Mysore).

Syn.: *Phenacoccus insolitus* Green, 1908; *Tylococcus insolitus* (Green, 1908); *Centrococcus insolitus* (Green, 1908).

***Coccura suwakoensis* (Kuwana & Toyota, 1915)** (Kuwana & Toyoda 1915; Kanda 1934; Danzig 1980; Tang 1992; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Phenacoccus suwakoensis* Kuw. (2 slides)
Distribution: Japan (Kanagawa: Yokohama).
Syn.: *Phenacoccus suwakoensis* Kuwana & Toyoda, 1915; *Rosanococcus suwakoensis* (Kuwana & Toyota, 1915); *Phenacoccus ussuriensis* Borchsenius, 1936; *Coccura ussuriensis* Borchsenius, 1949.

***Crisicoccus cambodiensis* (Takahashi, 1942)** (Takahashi 1942b; Tang 1992; Williams 2004; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Trionymus cambodiensis* Takah. (3 slides)
Distribution: Cambodia (Angkor).
Syn.: *Trionymus cambodiensis* Takahashi, 1942.
Note: Syntypes, female (collected from Cambodia: Angkor, on undetermined host, 24-IV-1940 by R. Takahashi (#60-1-1-1~3)).

***Crisicoccus chiponensis* (Takahashi, 1939)** (Takahashi 1939b; Tu et al. 1988; Tao 1989; Tang 1992; Wong et al. 1999; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Pseudococcus chiponensis* Takah. (16 slides)
Distribution: Papua New Guinea (N. Britain: Rabaul), Taiwan (Taito: Chippon).
Syn.: *Pseudococcus chiponensis* Takahashi, 1939; *Planococcoides chiponensis* (Takahashi, 1939); *Planococcoides chiponensis* (Takahashi, 1939).
Note: Syntypes, female (collected from Chipon near Taito, on *Citrus* sp., IV-1938 by M. Ogawa (#56-5-4-1~#56-5-6-5)).

***Crisicoccus matsumotoi* (Shiraiwa, 1935)** (Shiraiwa 1935; Shinji 1936; Tang 1992)

Original spelling on label: *Pseudococcus matsumotoi* Shiraiwa. (2 slides)
Distribution: Japan (Fukuoka).
Syn.: *Pseudococcus matsumotoi* Siraiwa, 1935; *Pseudococcus astericola* Shinji, 1936.

***Dysmicoccus boninsis* (Kuwana, 1909)** (Kuwana 1909; Takahashi 1932; Ferris 1950a; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2010)

(1)**Original spelling on label:** *Pseudococcus boninsis* Kuwana. (5 slides)
Distribution: Japan (Loochoo: Naha); Taiwan (Taihoku).
(2)**Original spelling on label:** *Trionymus taiwanus* Takah. (13 slides)
Distribution: Palau Is. (Koror); Taiwan (Formosa; Heito: Roopi; Taihoku: Shinten, Taihoku; Toen: Heichin); USA (Saipan: Tsukimi Shin).

Syn.: *Dactylopius* (*Pseudococcus*) *boninsis* Kuwana, 1909; *Dactylopius boninsis* (Kuwana, 1909); *Pseudococcus heterospinus* Green, 1923; *Pseudococcus aegyptiacus* Hall, 1925; *Pseudococcus boninsis* (Kuwana, 1909); *Trionymus boninsis* (Kuwana, 1909); *Trionymus taiwanus* Takahashi, 1932; *Erium taiwanum* (Kuwana, 1909); *Pseudococcus zeae* Kanda, 1943 ; *Trionymus kayashimai* Takahashi, 1951; *Vryburgia graminea* De Lotto, 1967.

***Dysmicoccus brevipes* (Cockerell, 1893)** (Cockerell 1893; Ferris 1950a; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2010)

(1)**Original spelling on label:** *Pseudococcus brevipes* Ckll. (53 slides)
Distribution: Guiana (Georgetown); Malaysia (Malaya: Kuala Lumpur, Malaya, Negri Sernbilan, Serdang); Micronesia (Caroline Isls.: Yap: Okao); Palau Isls. (Babeldaob: Ngarard; Korror; Korror Anona muricata; Palan Isl.); Taiwan (Formosa; Heito; Hozan; Kagi; Ropi; Taihoku: Shirin, Taihoku; Takaoshu: Daijusho, Reiko, Taiju); USA (Saipan: Garapan, Tsukimishima).
(2)**Original spelling on label:** *Pseudococcus bromeliae* Bouche. (2 slides)
Distribution: Taiwan (Kagi).

Syn.: *Dactylopius brevipes* Cockerell, 1893; *Pseudococcus brevipes* (Cockerell, 1893); *Dactylopius* (*Pseudococcus*) *ananassae* Kuwana, 1909; *Pseudococcus missionum* Cockerell, 1910; *Pseudococcus palauensis* Kanda, 1933; *Pseudococcus cannae* Green, 1934; *Pseudococcus longirostralis* James, 1936; *Pseudococcus defluiteri* Betrem, 1937; *Pseudococcus pseudobrevipes* Mamet, 1941.

Dysmicoccus cocotis **(Maskell, 1890)** (Maskell 1890; Fernald 1903; Shiraiwa 1933; Williams & Watson 1988; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2010)

(1)**Original spelling on label:** *Pseudococcus cocotis* Mask. (5 slides)

Distribution: Micronesia (Caroline Isls.: Oleai-Atolli: Falulap).

(2)**Original spelling on label:** *Pseudococcus saipanensis* Shiraiwa. (9 slides)

Distribution: Micronesia (Caroline Isls.: Truk: Wela; Yap: Dogor); Palau Isls. (Babeldaob: Ngarard-Ngarasumao); USA (Saipan: Inai Haguman).

Syn.: *Dactylopius cocotis* Maskell, 1890; *Pseudococcus cocotis* (Maskell, 1890); *Pseudococcus saipanensis* Shiraiwa, 1933; *Dysmicoccus saipanensis* (Siraiwa, 1933).

Dysmicoccus shintenensis **(Takahashi, 1934)** (Takahashi 1934; Tao 1989; Tang 1992; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Pseudococcus shintenensis* Takah. (2 slides)

Distribution: Taiwan (Taihoku: Shinten).

Syn.: *Pseudococcus shintenensis* Takahashi, 1934.

Note: Syntypes, female (collected from Taiwan: Shinten near Taihoku, on plant of the Gremineae, 02-IV-1933 by R. Takahashi (#62-5-4-1~2)).

Dysmicoccus wistariae **(Green, 1923)** (Green 1923; Shiraiwa 1935; Tao 1989; Ben-Dov 1994; Ben-Dov & Miller 2010)

(1)**Original spelling on label:** *Pseudococcus matsudoensis* Kuw. (2 slides)

Distribution: Japan.

(2)**Original spelling on label:** *Pseudococcus piricola* Shiraiwa. (4 slides)

Distribution: Japan (Hokkaido: Sapporo).

Syn.: *Pseudococcus wistariae* Green, 1923; *Pseudococcus piricola* Shiraiwa, 1935; *Pseudococcus matsudoensis* Kuwana, 1935; *Pseudococcus cuspidatae* Rau, 1937; *Dysmicoccus cuspidatae* (Green, 1923); *Dysmicoccus piricola* (Green, 1923).

Eumyrmococcus smithii **Silvestri, 1926** (Silvestri 1926; Tao 1989, 1999)

(1)**Original spelling on label:** *Eumyrmococcus smithii* Silvestri. (3 slides)

Distribution: Japan (Kyushu: Oita).

(2)**Original spelling on label:** *Eumyrmococcus smithi* Silv. (3 slides)

Distribution: Taiwan (Taichu; Toen: Heichin).

Exallomochlus hispidus **(Morrison, 1921)** (Morrison 1921; Tao 1989; Kondo & Williams 2004; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Pseudococcus hispidus* Morr. (1 slide)

Distribution: Singapore.

Syn.: *Pseudococcus hispidus* Morrison, 1921; *Pseudococcus jacobsoni* Green, 1930; *Erium hispidum* (Morrison, 1921); *Cataenococcus hispidus* (Morrison, 1921); *Paraputo hispidus* (Morrison, 1921).

Ferrisia virgata **(Cockerell, 1893)** (Cockerell 1893; Fullaway 1923; Tao 1989; Wong et al. 1999)

(1)**Original spelling on label:** *Ferrisia virgata* Ckll. (55 slides)

Distribution: Borneo; China (Hainan: Sana); India (Karnataka: Baugalore; Mysore); Malaysia (Malaya: Butu Tiga, Johore, Jugra, Klang, Nilai, Sumgei way); Palau (Korror); Papua New Guinea (Bougainville Isl.: Kieta; New Guinea); Taiwan (Formosa; Heito: Heito, Koshun; Karenko; Saisei; Taichu: Shuko-Toyohara, Tosei; Taihoku; Tainan; Taito; Takao: Naii); USA (Saipan: Garapan).

(2)**Original spelling on label:** *Pseudococcus virgatus*. (2 slides)

Distribution: Taiwan (Tainan).

Syn.: *Dactylopius segregatus* Cockerell, 1893; *Dactylopius virgatus* Cockerell, 1893; *Dactylopius virgatus farinosus* Cockerell, 1893; *Dactylopius virgatus humilis* Cockerell, 1893; *Dactylopius ceriferus* Newstead, 1894; *Dactylopius talini* Green, 1896; *Dactylopius dasylirii* Cockerell, 1896; *Dactylopius setosus* Hempel, 1900; *Pseudococcus virgatus* (Cockerell, 1893); *Dactylopius magnolicida* King, 1902; *Pseudococcus magnolicida* (King, 1902); *Pseudococcus virgatus farinosus* (Cocker-

ell, 1893); *Pseudococcus dasylirii* (Cockerell, 1896); *Pseudococcus segregatus* (Cockerell, 1893); *Pseudococcus virgatus humilis* (Cockerell, 1893); *Dactylopius virgatus madagascariensis* Newstead, 1908; *Pseudococcus marchali* Vayssiere, 1912; *Pseudococcus virgatus madagascariensis* (Newstead, 1908); *Pseudococcus bicaudatus* Keuchenius, 1915; *Ferrisiana setosus* (Hempel, 1900); *Ferrisiana virgata* (Cockerell, 1893); *Heliococcus malvastrus* McDaniel, 1962; *Ferrisia neovirgata* Khalid & Shafee, 1988.

Formicococcus cinnamomi **Takahashi, 1928** (Takahashi 1928b; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Formicococcus cinnamomi* Takah. (21 slides)

Distribution: Taiwan (Taichu: Tosei; Taihoku: Heirin near Shinten, Hokuto, Shinten, Taihoku).

Syn.: *Ferrisicoccus cinnamomi* (Takahashi, 1928).

Note: Syntype, female (collected from Taiwan: Hokuto, Taihoku, on *Cinnamomum* sp., 19-II-1928 by R. Takahashi (#53-2-2-3)).

Formicococcus macarangae **(Takahashi, 1940)** (Takahashi 1940; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Pseudococcus macarangae* Takah. (9 slides)

Distribution: Malaysia (Malaya: Kuala Lumpur); Taiwan (Heito: Garanbi; Karenko: Kirisato).

Syn.: *Pseudococcus macarangae* Takahashi, 1940; *Planococcoides macarangae* (Takahashi, 1940).

Note: Syntypes, female (collected from Taiwan: Karenko Prefecture, Garanabi, on *Macaranga tanarius* and *Mallotus* sp., 25-VI-1939 (#53-1-1-1~5) and 08-VIII-1939 (#62-2-1-1~3) by R. Takahashi).

Formicococcus schimae **Takahashi, 1929** (Takahashi 1929; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Formicococcus schimae* Takahashi. (6 slides)

Distribution: Taiwan (Nantou: Suisha).

Note: Syntypes, female (collected from Taiwan: Suisha, on *Schima noranhae*, IX-1928 by R. Takahashi (#53-1-2-1~5, #62-2-2-1)).

Geococcus coffeae **Green, 1933** (Green 1933; Tang 1992)

Original spelling on label: *Geococcus coffeae* Green. (3 slides)

Distribution: Palau (Korror).

Geococcus oryzae **(Kuwana, 1907)** (Kuwana 1907, 1923; Borchsenius 1956; Tang 1992)

Original spelling on label: *Geococcus oryzae* Kuw. (2 slides)

Distribution: Japan (Ibaraki: Mito).

Syn.: *Ripersia oryzae* Kuwana, 1907; *Geococcus unimaculatus* Borchsenius, 1956.

Heliococcus bambusae **(Takahashi, 1930)** (Takahashi 1930; Goux 1934; Wang 1982; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Phenacoccus bambusae* Takahashi. (2 slides)

Distribution: Taiwan (Nantou: Suisha).

Syn.: *Heliococcus lingnaniae* Wang, 1982.

Note: Syntype, female (collected from Taiwan: Suisha, on *Bambusa* sp., 26-I-1930 by R. Takahashi (#54-2-2-5)).

Heliococcus takae **(Kuwana, 1907)** (Kuwana 1907, 1917; Kanda 1934; Danzig 1971; Tao 1989; Tang 1992)

Original spelling on label: *Heliococcus takae* Kuw. (1 slide)

Distribution: Japan.

Syn.: *Dactylopius takae* Kuwana, 1907; *Phenacoccus takae* (Kuwana, 1907); *Saliococcus takae* (Kuwana, 1907).

Hordeolicoccus eugeniae **(Takahashi, 1942)** (Takahashi 1942a; Williams 2004; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Phenacoccus eugeniae* Tak. (1 slide)

Distribution: Singapore.

Syn.: *Phenacoccus eugeniae* Takahashi, 1942.

Note: Syntype, female (collected from Singapore, on *Eugenia* sp., 17-III-1940 by R. Takahashi (#54-1-2-5)).

Kiritshenkella sacchari **(Green, 1900)** (Green 1900; Hall 1923; Williams 1970; Tao 1989)

Original spelling on label: *Ripersia cellulosa* Hall. (15 slides)

Distribution: Taiwan (Taihoku).

Syn.: *Ripersia sacchari* Green, 1900; *Ripersia cellulosa* Hall, 1923; *Tychea cellulosa* (Hall, 1923); *Kiritshenkella stataria* Borchsenius, 1948; *Pseudantonina fushanensis* Borchsenius, 1958; *Kiritshenkella shirakensis* Hadzibejli, 1960; *Kiritshenkella fushanensis* (Borchsenius, 1958); *Kiritshenkella cellulosa* (Hall, 1923).

***Laminicoccus pandani* (Cockerell, 1895)** (Cockerell 1895b; Takahashi 1939a; Beardsley 1966; Tang 1992)

Original spelling on label: *Pseudococcus carolinensis* Takah. (13 slides)

Distribution: Micronesia (Caroline Isls.: Ponape: Paliker, Paliker-Kolinia; Truk: Wela).

Syn.: *Dactylopius pandani* Cockerell, 1895; *Pseudococcus pandani* (Cockerell, 1985); *Tylococcus giffardi* Ehrhorn, 1916; *Pseudococcus carolinensis* Takahashi, 1939; *Pseudococcus giffardi* (Ehrhorn, 1916).

***Maconellicoccus hirsutus* (Green, 1908)** (Green 1908; Tao 1989; Wong et al. 1999; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Phenacoccus hirsutus* Green. (26 slides)

Distribution: Taiwan (Bokoto: Hakushato, Mako; Kagi; Taihoku: Hokuto, Taihoku; Tainan; Toroku); Thailand (Siam: Bangkok)

Syn.: *Phenacoccus hirsutus* Green, 1908; *Maconellicoccus pasaniae* (Borchsenius, 1962).

***Miscanthicoccus miscanthi* (Takahashi, 1928)** (Takahashi 1928a, 1958; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Trionymus miscanthi* Takah. (17 slides)

Distribution: Taiwan (Taihoku).

Syn.: *Trionymus miscanthi* Takahashi, 1928; *Pseudantonina ostiolata* Borchsenius, 1958; *Kiritshenkella ostiolata* (Borchsenius, 1958); *Cannococcus ostiolata* (Borchsenius, 1958).

Note: Syntypes, female (collected from Taiwan: Taihoku, on *Miscanthus* sp., 10-VII-1927 (#60-4-4-2); 14-VII-1927 (#60-4-1-4~5, #60-4-3-1~5); 10-VIII-1927 (#60-4-2-1~5); 1-VIII-1927 (#60-4-4-1) and 02-IX-1927 (#60-4-1-1~3) by R. Takahashi).

***Mizococcus sacchari* Takahashi, 1928** (Takahashi 1928a; Lindinger 1932, 1943; Tao 1989; Wong et al. 1999; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Mizococcus sacchari* Takah. (14 slides)

Distribution: Taiwan (Heito; Taichu)

Syn.: *Ripersia sacchari* (Takahashi, 1928); *Ripersia takahashii* (Takahashi, 1928); *Tychea takahashii* (Takahashi, 1928).

Note: Syntypes, female (collected from Taiwan: Taichu, on *Saccharum officinarum* and *Miscanthus* sp., V-1927, by M. Yanagihara (#59-1-1-1~5, #59-1-3-1~4)).

***Neoripersia miscanthicola* (Takahashi, 1937)** (Takahashi 1937, 1958; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Trionymus miscanthicola* Takah. (10 slides)

Distribution: Taiwan (Taihoku: Shinten).

Syn.: *Trionymus miscanthicola* Takahashi, 1937.

Note: Syntypes, female (collected from Taiwan: Shinten, on *Miscanthus* sp. , 10-III-1936 by R. Takahashi (#60-5-1-1~ #60-5-2-3)).

***Neosimmondsia esakii* Takahashi, 1939** (Takahashi 1939a; Tang 1992; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Neosimmondsia esakii* Takah. (23 slides)

Distribution: Micronesia (Caroline Isls.: Ponape: Nanalaut, Ronkiti-Paliker).

Note: Syntypes, female (collected from Caroline Islands: Ponape, Ronkiti-Paliker, on *Coelococcus amicarum* and on *Pandanus* sp., 4-I-1938 (#53-4-3-1~53-4-5-5) and 15-I-1938 (#53-4-1-1~53-4-2-4) by T. Esaki).

***Nipaecoccus filamentosus* (Cockerell, 1893)** (Cockerell 1893; Tao 1989; Ben-Dov 1994; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Pseudococcus filamentosus* Ckll. (15 slides)

Distribution: China (Hainan); India (Bangalore: Mysore; Sidapur); Pakistan (D. I. Khan); Taiwan (Taihoku).

Syn.: *Dactylopius filamentosus* Cockerell, 1893; *Pseudococcus filamentosus* (Cockerell, 1893).

***Nipaecoccus nipae* (Mask, 1892)** (Maskell 1893; Cockerell 1902; Tao 1989; Tang 1992; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Pseudococcus nipae*. (1 slide)

Distribution: Japan (Chiba: Matsudo).

Syn.: *Dactylopius nipae* Maskell, 1893; *Dactylopius pseudonipae* Cockerell, 1897; *Ripersia serrata* Tinsley, 1900; *Pseudococcus nipae* (Maskell, 1893); *Pseudococcus pseudonipae* (Cockerell, 1897); *Ceroputo nipae* (Maskell, 1893); *Pseudococcus magnoliae* Hambleton, 1935; *Ripersia nipae* (Maskell, 1893); *Nipaecoccus pseudonipae* (Cockerell, 1897).

***Nipaecoccus viridis* (Newstead, 1894)** (Newstead 1894; Ali 1970b; Tang 1992; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Nipaecoccus viridis* (Newstead) (5 slides)

Distribution: India (Bangalore: Mysore; Sidapur); Taiwan (Taihoku).

Syn.: *Dactylopius viridis* Newstead, 1894; *Dactylopius vastator* Maskell, 1895; *Pseudococcus vastator* (Maskell, 1895); *Pseudococcus viridis* (Newstead, 1894); *Dactylopius perniciosus* Newstead & Willcocks, 1910; *Pseudococcus solitarius* Brain, 1915; *Ripersia theae* Rutherford, 1915; *Pseudococcus perniciosus* Newstead, 1920; *Pseudococcus filamentosus corymbatus* Green, 1922; *Trionymus sericeus* James, 1936; *Pseudococcus theae* (Rutherford, 1915); *Nipaecoccus vastator* (Maskell, 1895).

***Palmicultor palmarum* (Ehrhorn, 1916)** (Ehrhorn 1916; Takahashi 1939a; Williams 1963; Ben-Dov & Miller 2010)

(1)**Original spelling on label:** *Pseudococcus oceanicus* Takah. (2 slides)

Distribution: Micronesia (Caroline Isls.: Truk: Toloas); USA (Saipan).

(2)**Original spelling on label:** *Pseudococcus oceanicus* Tak. var. *kentiae* Tak. (3 slides)

Distribution: Palau (Korror).

Syn.: *Ripersia palmarum* Ehrhorn, 1916; *Pseudococcus oceanicus* Takahashi, 1939; *Pseudococcus oceanicus kentiae* Takahashi, 1939; *Dysmicoccus palmarum* (Ehrhorn, 1916); *Palmicola palmarum* (Ehrhorn, 1916).

***Pandanicola esakii* (Takahashi, 1942)** (Takahashi 1942c; Beardsley 1966; Tang 1992; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Pseudococcus esakii* Takah. (5 slides)

Distribution: Palau Isls. (Babeldaob: Aimibik).

Note: Syntypes, female (collected from Palau Islands: Babeldaob, Amilik, on *Pandanus* sp., 18-VIII-1939 by T. Esaki. (#58-1-2-1~5)).

***Pandanicola pandani* (Takahashi, 1939)** (Takahashi 1939a; Beardsley 1966; Tang 1992; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Trionymus pandani* Takah. (13 slides)

Distribution: Micronesia (Caroline Isls.: Ponape: Nipit-Ninoani).

Syn.: *Trionymus pandani* Takahashi, 1939.

Note: Lectotype, female (collected from Caroline Islands: Ponape, Nipit-nonoani, on *Pandanus* sp., 13-I-1938 by T. Esaki (#60-5-5-4). Takahashi designated four slides (#60-5-4-4, #60-5-5-2, #60-5-5-3, #60-5-5-4) as cotypes, Beardsler (1966) selected (#60-5-5-4) as lectotype).

***Paramyrmococcus chiengraiensis* Takahashi, 1941** (Takahashi 1941; Tang 1992)

Original spelling on label: *Paramyrmococcus chiengraiensis* Takah. (3 slides)

Distribution: Thailand (Siam: Chiengra).

***Paramyrmococcus vietnamensis* Williams D. J., 1978** (Williams 1978; Tang 1992)

Original spelling on label: *Paramyrmococcus vietnamensis* Williams (2 slides)

Distribution: Vietnam (Chute de Goch).

Note: Paratypes, female (collected from Vietnam: South, Da Lat, Chute de Gauhgau, host plant not indicated, 25-IV-1960 by R. E. Leech. (#54-1-1-4~5)).

Phenacoccus asteri **Takahashi, 1932** (Takahashi 1932; Tao 1989; Tang 1992; Ben-Dov 1994)

Original spelling on label: *Phenacoccus asteri* Takah. (3 slides)

Distribution: Taiwan (Taihoku).

Syn.: *Puto asteri* (Takahashi, 1932).

Note: Syntypes, female (collected from Taiwan: Taihoku, on *Aster lauruleanus*., 30-VIII-1931 (#54-2-1-1); X-1931 (#54-2-1-4) and XI-1931 (#54-2-1-3) by R. Takahashi)).

Phenacoccus fici **Takahashi, 1940** (Takahashi 1940; Tao 1989; Tang 1992; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Phenacoccus fici* Takah. (2 slides)

Distribution: Taiwan (Heito: Garanbi).

Syn.: *Tylococcus fici* (Takahashi, 1940).

Note: Syntypes, female (collected from Taiwan: Garanbi, on *Ficus retusa*), 25-VI-1939 by R. Takahashi (#54-1-3-1~2)).

Phenacoccus pergandei **Cockerell, 1896** (Cockerell 1896; Shinji 1935; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Phenacoccus pergandei* Ckll. (1 slide)

Distribution: Japan (Hokkaido: Sapporo).

Syn.: *Pseudococcus katsurae* Shinji, 1935.

Pilococcus miscanthi **Takahashi, 1928** (Takahashi 1928b; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Pilococcus miscanthi* Takah. (24 slides)

Distribution: Taiwan (Giran: Riyohen; Heito: Kuraru; Nantou: Takeyama; Taihoku: Urai).

Note: Syntypes, female (collected from Taiwan: Urai and Takeyama, on *Miscanthus* sp.), 17-X-1927 by R. Takahashi (#55-3-1-1~#55-3-5-5)).

Planococcus angkorensis **(Takahashi, 1942)** (Ali 1970a; Takahashi 1942b; Tang 1992; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Pseudococcus angkorensis* Takah. (2 slides)

Distribution: Cambodia (Angkor).

Syn.: *Pseudococcus angkorensis* Takahashi, 1942; *Planococcus dorsospinosus* Ezzat & McConnell, 1956; *Planococcus myrsinephilus* Borchsenius, 1962; *Planococcus sinensis* Borchsenius, 1962.

Note: Syntypes, female (collected from Cambodia: Angkor, on undetermined host), 23-IV-1940 by R. Takahashi (#56-1-5-4~5)).

Planococcus citri **(Risso, 1813)** (Risso 1813; Signoret, 1875; Cockerell 1902; Ferris 1950a; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Pseudococcus citri*. (72 slides)

Distribution: Japan (Okinawa: Daito-jima); Malaysia (Malaya: Kuala hilis, Kuala Lumpur, Kuang, Malacca, Serdang, Sungei Petani); Micronesia (Caroline Isls.: Ponape: Paliker; Truk: Erin, Toloas-Erin; Yap: Gatzapar); Palau Isls. (Korror: Korror, Korror-Anabakastsu; Peliliou: Ashiasu); Solomon Isls (Isabel: Kumaigula); Taiwan (Heito: Heito, Kuraru; Hozan; Itahashi; Karenko; Nantou: Nama; Taihoku: Sozan, Taihoku,台北; Tainan; Taito: Riran, Taito; Takao: Taiju); USA (Saipan: Topocho).

Syn.: *Dorthesia citri* Risso, 1813; *Coccus tuliparum* Bouche, 1844; *Coccus citri* (Risso, 1813); *Dactylopius alaterni* Signoret, 1875; *Dactylopius ceratoniae* Signoret, 1875; *Dactylopius citri* (Risso, 1813); *Dactylopius cyperi* Signoret, 1875; *Dactylopius tuliparum* (Bouche, 1844); *Lecanium phyllococcus* Ashmead, 1879; *Dactylopius brevispinus* Targioni Tozzetti, 1881; *Dactylopius destructor* Comstock, 1881; *Dactylopius secretus* Hempel, 1900; *Phenacoccus spiriferus* Hempel; *Pseudococcus citri* (Risso, 1813); *Pseudococcus cyperi* (Signoret, 1875); *Pseudococcus robiniae* (Signoret, 1875); *Pseudococcus tuliparum* (Bouche, 1844); *Pseudococcus*

alaterni (Signoret, 1875); *Pseudococcus ceratoniae* (Signoret, 1875); *Pseudococcus citri coleorum* Marchal, 1908; *Dactylopius* (*Trechocorys*) *citri* (Risso, 1813); *Pseudococcus citri phenacocciformis* Brain, 1915; *Planococcoides cubanensis* Ezzat & McConnell, 1956; *Planococcus citricus* Ezzat & McConnell, 1956; *Planococcus cucurbitae* Ezzat & McConnell, 1956.

***Planococcus kraunhiae* (Kuwana, 1902)** (Kuwana 1902; Ferris 1950a; Tao 1989; Wong et al. 1999; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Pseudococcus kraunhiae* Kuw. (11 slides)
Distribution: China (Shanghai); Japan (Fukuoka); Malaysia (Malaya: Cameron Highlands, Kuala Lumpur); Taiwan (Heito).
Syn.: *Dactylopius kraunhiae* Kuwana, 1902; *Pseudococcus kraunhiae* (Kuwana, 1902); *Planococcus siakwanensis* Borchsenius, 1962.

***Planococcus lilacinus* (Cockerell, 1905)** (Cockerell 1905; Ferris 1950a; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2010)

(1)**Original spelling on label:** *Pseudococcus lilacinus* Ckll. (64 slides)
Distribution: Indo-China (Cambodia: Angkor); Indonesia (Java); Japan (Okinawa: Ishigaki); Micronesia (Caroline Isls.: Oleai-Atolli: Falulap); Taiwan (Bokoto: Mako; Giran: Karrapo, Riyohen; Heito: Garanbi, Heito, Kagi, Kankau, Kuraru, Toko; Kankau; Karenko: Domon, Karenko; Taichu; Taihoku: Hokuto, Shinten, Taihoku; Taito: Botel Tobago, Seisui); Thailand (Siam: Bangkok, Korat).
(2)**Original spelling on label:** *Pseudococcus tayabanus* Ckll. (5 slides)
Distribution: Taiwan (Heito: Garanbi); Thailand (Siam: Bangkok Noi).

Syn.: *Pseudococcus tayabanus* Cockerell, 1905; *Dactylopius crotonis* Green, 1906; *Dactylopius coffeae* Newstead, 1908; *Pseudococcus coffeae* (Newstead, 1908); *Dactylopius crotonis* Green, 1911; *Pseudococcus crotonis* (Green, 1911); *Pseudococcus deceptor* Betrem, 1937; *Tylococcus mauritiensis* Mamet, 1939; *Planococcus crotonis* (Green, 1906); *Planococcus tayabanus* (Cockerell, 1905); *Planococcus indicus* Avasthi & Shafee, 1987; *Planococcus lilacius* (Cockerell).

***Planococcus minor* (Maskell, 1897)** (Maskell 1897a; Cox 1989; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Pseudococcus citri* Risso (7 slides)
Distribution: Micronesia (Caroline Isls.: Truk: Toloas-Erin); Palau (Korror); Taiwan (Heito: Koshun; Taihoku); USA (Saipan: Tapocho).
Syn.: *Dactylopius calceolariae minor* Maskell, 1897; *Pseudococcus calceolariae minor* (Maskell, 1897); *Planococcus pacificus* Cox, 1981; *Planococcus psidii* Cox, 1989.

***Pseudococcus bambusicola* Takahashi, 1930** (Takahashi 1930; Tao 1989; Tang 1992; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Pseudococcus bambusicola* Takahashi. (1 slide)
Distribution: Taiwan (Nantou: Suisha).
Syn.: *Planococcoides bambusicola* (Takahashi, 1930).
Note: Syntype, female (collected from Taiwan: Suisha, on *Bambusa* sp., 26-I-1930 by R. Takahashi (#56-4-1-5)).

***Pseudococcus calceolariae* (Maskell, 1879)** (Maskell 1879; Fernald 1903; Clausen 1915; Tao 1999; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Pseudococcus citrophilus* Claussen (1 slide)
Distribution: Taiwan (Taichu: Reimei).
Syn.: *Dactylopius calceolariae* Maskell, 1879; *Dactylopius similans* Lidgett, 1898; *Pseudococcus similans* (Lidgett, 1898); *Pseudococcus fragilis* Brain, 1912; *Pseudococcus citrophilus* Clausen, 1915; *Pseudococcus gahani* Green, 1915; *Erium calceolariae* (Maskell, 1879).

***Pseudococcus casuarinae* (Takahashi, 1939)** (Takahashi 1939a; Beardsley 1966; Tang 1992; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Pseudococcus casuarinae* (Takahashi) (1 slide)
Distribution: Micronesia (Caroline Isls.: Ponape: Paliker); Palau Isls.: (Korror: Arumizu).
Syn.: *Ferrisiana casuarinae* Takahashi, 1939.
Note: Lectotype, female (collected from Palau Islands: Korror, Arumizu, on *Casuarina* sp., 31-I-1938 by Teiso Esaki (#56-4-2-2)) and det. by J. W. Beardslay (1964)).

***Pseudococcus comstocki* (Kuwana, 1902)** (Kuwana 1902; Fernald 1903; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2010)
Original spelling on label: *Pseudococcus comstocki* Kuw. (29 slides)
Distribution: Gojo; Indo-China (Cambodia: Angkor); Japan (Fukuoka; Honshu: Tokyo; Japan; Kanagawa: Yokohama; Niigata; Okinawa: Miyako); Malaysia (Malaya: Kuala Lumpur); Rehovot; Taiwan (Heito: Garanbi; Kagi; Karenko; Tainan: Shokwa; Takao: Taiju, Takao; Urai); Thailand (Siam: Bangkok Noi, Chiengmai); USA (Saipan: Karabera, Matansha-Banaderu).
Syn.: *Dactylopius comstocki* Kuwana, 1902.

***Pseudococcus cryptus* Hempel, 1918** (Hempel 1918; Tao 1999; Ben-Dov & Miller 2010)
Original spelling on label: *Pseudococcus comstocki* Kuw. (5 slides)
Distribution: Rehovot; Taiwan (Taihoku: Hokuto, Taihoku, Tamsui).
Syn.: *Pseudococcus citriculus* Green, 1922; *Pseudococcus spathoglottidis* Lit, 1992; *Pseudococcus mandarinus* Das & Ghose, 1996.

***Pseudococcus longispinus* (Targioni-Tozzetti, 1867)** (Signoret, 1875; Cockerell 1902; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2010)
Original spelling on label: *Pseudococcus adonidum* L. (16 slides)
Distribution: Taiwan (Heito; Taihoku: Maruyama, Shinten, Taihoku, Tansui).
Syn.: *Pediculus coffeae* Linnaeus, 1767; *Coccus laurinus* Boisduval, 1867; *Dactylopius longispinus* Targioni Tozzetti, 1867; *Dactylopius hoyae* Signoret, 1875; *Dactylopius longifilis* Comstock, 1881; *Pseudococcus longispinus* (Targioni Tozzetti, 1867).

***Pseudococcus maritimus* (Ehrhorn, 1900)** (Ehrhorn 1900; Essig 1910; Hollinger 1917; Ben-Dov 1994)
Original spelling on label: *Pseudococcus maritimus* (Ehrhorn, 1900) (8 slides)
Distribution: USA (California: Riverside).
Syn.: *Dactylopius maritimus* Ehrhorn, 1900; *Pseudococcus bakeri* Essig, 1910; *Pseudococcus omniverae* Hollinger, 1917.

***Pseudococcus orchidicola* Takahashi, 1939** (Takahashi 1939a; Tang 1992)
Original spelling on label: *Pseudococcus orchidicola* Takahashi, 1939 (5 slides)
Distribution: USA (Rota: Sabana).
Note: Lectotype, female (collected from Marianna Islands: Rota, Sabana, on an orchid, 07-XI-1937 by T. Esaki (#62-4-1-2)). Beardsley (1966) designated four slides (#62-4-1-2~5) as cotypes adn selected (#62-4-1-2) as lectotype).

***Pseudococcus pandanicola* Takahashi, 1939** (Takahashi 1939a; Tang 1992; Williams & Martin 2005; Ben-Dov & Miller 2010)
Original spelling on label: *Pseudococcus pandanicola* Takah. (3 slides)
Distribution: Palau Isls. (Babeldaob: Ngarard-Ngarasumao, Ngarumisukan).
Syn.: *Laminicoccus pandanicola* (Takahashi, 1939).
Note: Syntype, female (collected from Palau Islands: Babeldaob, Ngarard-Ngarasumao, on *Pandanus* sp., 7-II-1938 by Teiso Esakii (#62-4-2-1~2)).

***Pseudococcus saccharicola* Takahashi, 1928** (Takahashi 1928a; Tao 1989; Wong et al. 1999; Ben-Dov & Miller 2010)
Original spelling on label: *Pseudococcus saccharicola* Takah. (6 slides)
Distribution: Taiwan (Tainan).
Syn.: *Trionymus oryzae* Wirjati, 1959; *Dysmicoccus oryzae* (Wirjati, 1959).
Note: Syntypes, female (collected from Taiwan: Shinkwa, on *Saccharum officinarum*, 24-VIII-1927 by R. Takahashi (#62-5-2-1 ~ #62-5-3-1)).

***Pseudococcus solomonensis* Williams, 1960** (Williams 1960; Tang 1992)

Original spelling on label: *Pseudococcus solomonensis* Williams, 1960 (1 slide)

Distribution: Palau Is. (Koror: Arumizu).

***Rastrococcus iceryoides* (Green, 1908)** (Green 1908; Ferris 1954; Williams 1989; Tang 1992; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Phenacoccus iceryoides* Green. (30 slides)

Distribution: India (Bangalore: Mysore; Karnataka: Hebbal); Indonesia (Java: Buitenzorg); Malaysia (Malaya: Bamting, Ipon, Kuala Lumpur, Malaya, N. Sembilan, Nilai, Port Swatenham, Rembau, Serdang, Telong); Singapore.

Syn.: *Phenacoccus iceryoides* Green, 1928; *Dactylopius* (*Pseudococcus*) *obtusus* Newstead, 1911; *Phenacoccus obtusus* (Green, 1908); *Ceroputo iceryoides* (Green, 1908); *Rastrococcus cappariae* Avasthi & Shafee, 1983.

***Rastrococcus invadens* Williams, 1986** (Williams 1986, 1989; Tang 1992)

Original spelling on label: *Puto spinosa* Robinson. (8 slides)

Distribution: Cambodia (Angkor); Malaysia (Malaya: Kuala Lumpur); Thailand (Siam: Bangkok, Chiengmai).

***Rastrococcus mangiferae* (Green, 1896)** (Green 1896; Ferris 1954; Tao 1989; Williams 1989; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Puto mangiferae* Green. (3 slides)

Distribution: Taiwan (Nantou: Suisha; Taihoku: Shirin).

Syn.: *Pseudococcus mangiferae* Green, 1896; *Phenacoccus mangiferae* (Green, 1896); *Phenacoccus ballardi* Newstead, 1917; *Puto mangiferae* (Green, 1896).

***Rastrococcus spinosus* (Robinson, 1918)** (Robinson 1918; Ferris 1954; Tao 1989; Williams 1989; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Phenacoccus spinosus* Robinson. (8 slides)

Distribution: India (Karnataka: Baugalore); Taiwan (Karenko: Hatsune; Taito: Kowarun).

Syn.: *Phenacoccus spinosus* Robinson, 1918; *Puto spinosus* (Robinson, 1918); *Ceroputo spinosus* (Robinson, 1918).

***Saccharicoccus sacchari* (Cockerell, 1895)** (Cockerell 1895a, 1902; Ferris 1950b; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Trionymus sacchari* Ckll. (39 slides)

Distribution: Fiji (Nansori); Japan (Loochoo: Naha; Okinawa); Micronesia (Caroline Isls.: Ponape: Reitao); Taiwan (Formosa; Heito: Koshun; Hokoto: Mako; Karenko; Taichu: Kori, Taichu; Taihoku; Tainan: Kohekirin, Shinka); USA (Saipan: Garapan).

Syn.: *Dactylopius sacchari* Cockerell, 1895; *Pseudococcus sacchari* (Cockerell, 1895); *Dactylopius sacchari brasiliensis* van Gorkum, 1913; *Trionymus sacchari* (Cockerell, 1895); *Erium sacchari* (Cockerell, 1895); *Trionymus praegrandis* James, 1936; *Trionymus sacchari* (Cockerell, 1895); *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell, 1895).

***Trionymus formosanus* Takahashi, 1930** (Takahashi 1930; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Trionymus formosanus* Takah. (15 slides)

Distribution: Taiwan (Kagi; Taihoku).

Syn.: *Erium formosanum* (Takahashi, 1930).

Note: Syntype, female (collected from Taiwan: Taihoku, on *Bambusa stenostachya*, VIII-1929 by R. Takahashi (#60-2-1-2)).

***Trionymus latus* Takahashi, 1929** (Takahashi 1929; Tao 1989; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Trionymus latus* Takahashi. (11 slides)

Distribution: Japan (Loochoo: Naz); Taiwan (Nantou: Suisha; Taihoku: Shinten, Taihoku).

Syn.: *Erium latum* (Takahashi, 1929).

Note: Syntypes, female (collected from Taiwan: Taihoku, on *Miscanthus* sp., 23-VIII-1928 by R. Takahashi (#60-3-1-1~5); Taiwan: Shinten, on *Miscanthus*

Table 1. List of the localities recorded on the specimens

Old name	Current name	Chinese name
Kagi	Chiayi	嘉義
Karenko	Hualien	花蓮，花蓮港
Hatsune	Hualien, Chiyin	花蓮，初音
Domon	Hualien, Tungmen	花蓮，銅門
Takao, Takaoshu	Kaohsiung	高雄
Taiju, Daijusho	Kaohsiung, Dashu	高雄，大樹
Hozan	Kaohsiung, Fengshan	高雄，鳳山
Reiko	Kaohsiung, Lingkou	高雄，嶺口
Naii	Kaohsiung	高雄
Byoritsu	Miaoli	苗栗
Nantou	Nantou	南投
Takeyama	Nantou, Zhushan	南投，竹山
Sankakuho	Nantou, Meifeng, Sanjiaofeng	南投，梅峰，三角峰
Nama	Nantou, Mingjian	南投，名間
Hori, Horin	Nantou, Puli	南投，埔里
Suisha	Nantou, Shuishe	南投，水社
Hakushato	Penghu, Baisha	澎湖，白沙鄉
Mako	Penghu, Magong	澎湖，馬公
Heito	Pingtung	屏東
Roopi	Pingtung	屏東
Toko	Pingtung, Donggang	屏東，東港
Koshun	Pingtung, Hengchun	屏東，恆春
Kuraru	Pingtung, Sheding	屏東，社頂
Kankau	Pingtung, Manzhou, Gangkou	屏東，滿州，港口
Garanbi	Pingtung, Eluanbi	屏東，鵝鑾鼻
Taichu	Taichung	台中
Tosei	Taichung, Dongshi	台中，東勢
Kori	Taichung, Houli	台中，后里
Reimei	Taichung, Liming	台中，黎明
Shuko–Toyohara	Taichung, Shalu–Fengyuan	台中，沙鹿至豐原
Kohekirin	Tainan, Houbi	台南，後壁
Shinka	Tainan, Xinhua	台南，新化
Shokwa	Tainan, Xinhua, Damujiang	台南，新化，大目降
Taihoku	Taipei	台北
Hokuto	Taipei, Beitou	台北，北投
Hichiseisan	Taipei, Qixing Mountain (Chihsingshan)	台北，七星山
Shirin	Taipei, Shilin	台北，士林
Sozan	Taipei, Yangmingshan	台北，陽明山

Table 1. List of the localities recorded on the specimens (continued)

Old name	Current name	Chinese name
Maruyama	Taipei, Yuanshan	台北，圓山
Itabashi	New Taipei, Banqiao	新北市，板橋
Tamsui	New Taipei, Danshui	新北市，淡水
Heirin	New Taipei, Pinglin	新北市，坪林
Heirin near Shinten	New Taipei, Pinglin New Taipei, Xindian	新北市，坪林 新北市，新店
Urai	New Taipei, Wulai	新北市，烏來
Shinten	New Taipei, Xindian	新北市，新店
Taito	Taitung	台東
Chippon	Taitung, Zhiben	台東，知本
Seisui	Taitung, Chingshui	台東，清水
Kowarun	Taitung, Daren	台東，達仁
Botel Tobago	Taitung, Lanyu	台東，蘭嶼
Riran	Taitung, Lilong	台東，里龍
Heichin	Taoyuan, Puxin	桃園，埔心
Karrapo	Yilan, Chialan	宜蘭，加蘭
Riyohen	Yilan, Liuxingshe	宜蘭，流興社
Saisei	Yilan, Sanxing	宜蘭，三星
Yunlin, Toroku	Yunlin, Douliu	雲林，斗六

sp., 07-X-1928 by R. Takahashi (#60-3-2-1~4)).

***Turbinococcus pandanicola* (Takahashi, 1941)**
(Takahashi 1941; Beardsley 1966; Tang 1992; Ben-Dov & Miller 2010)

Original spelling on label: *Trionymus pandanicola* Takahashi, 1941 (8 slides)
Distribution: Palau Isls. (Babeldaob: Ngarmisuken; Korror).
Syn.: *Trionymus pandanicola* Takahashi, 1941.
Note: Cotypes, female (collected from Palau Islands: Korror, on *Pandanus* sp., by T. Esaki)).

Discussion

Based on the modern taxonomic system, the number of Pseudococcid species collected and deposited at TARI Insect Collection is decreased 7 to 72. The present paper will provide basic information for setting up an online database of scientific name, synonyms, host plants, distribution and digital archives through Digital Insect of TARI website (http://digiins.tari.gov.tw/) which will meet the requirement of both basic and applied works and will be helpful to taxonomic researchers, quarantine inspector, and farmers in the future.

Acknowledgements

We would like to thank the Natinal Science Council for financial support (rants number 98-2631-H-055-002, and 99-2631-H-055-001).

Literature cited

Ali, S. M. 1970a. A catalogue of the Oriental Coccoidea (Part III) (Insecta: Homoptera: Coccoidea). Indian Mus. Bull. 5:9–94.

Ali, S. M. 1970b. A catalogue of the Oriental Coccoidea. (Part IV.) (Insecta: Homoptera: Coccoideae). Indian Mus. Bull. 5:71–150.

Beardsley, J. W. 1966. Insects of Micronesia. Homoptera: Coccoidea. Insects of Micronesia 6:377–562.

Ben-Dov, Y. 1994. A Systematic Catalogue of the

Mealybugs of the World (Insecta: Homoptera: Coccoidea: Pseudococcidae and Putoidae) with Data on Geographical Distribution, Host Plants, Biology and Economic Importance. Intercept Ltd. Andover. 686 pp.

Ben-Dov, Y. and D. Miller. 2010. ScaleNet: a database of the scale insects of the world. (http://www.sel.barc. usda.gov/scalenet/scalenet.htm).

Borchsenius, N. S. 1956. Notes on the Coccoidea of Korea. Entomol. Obozr. 35:671–679. (in Russian with English abstract)

Chu, Y. I. and T. Yamanaka. 1973. A check list of the present and old name of insect collect localities in Taiwan. J. Taiwan Mus. 16:31–72.

Chu, Y. I. and T. Yamanaka. 1974. A check list of the present and old name of insect collect localities in Taiwan (continued). J. Taiwan Mus. 17:51–120.

Chu, Y. I. and T. Yamanaka. 1975. A check list of the present and old name of insect collect localities in Taiwan (continued). J. Taiwan Mus. 17:121–150.

Clausen, C. P. 1915. Mealy bugs of citrus trees. California Univ. Agr. Coll. Bull. 258:19–48.

Cockerell, T. D. A. 1893. The West Indian species of *Dactylopius*. Entomologist 26:177–179.

Cockerell, T. D. A. 1895a. A new mealy-bug on sugar cane. J. Trinidad Naturalists 2:195.

Cockerell, T. D. A. 1895b. VIII. Some new insects. Psyche 7:15–16.

Cockerell, T. D. A. 1896. Some new species of Japanese Coccidae, with notes. Bull. U. S. Dept. Agric. Division of Entomol. Tech. Series 4:47–56.

Cockerell, T. D. A. 1899. Article VII. First supplement to the check list of the Coccidae. Bull. Illinois State Lab. of Nat. Hist. 5:389–398.

Cockerell, T. D. A. 1900. Some Coccidae quarantined at San Francisco. Psyche 9:70–72.

Cockerell, T. D. A. 1902. A catalogue of the Coccidae of South America. Rev. Chil. Hist. Nat. 6:250–257.

Cockerell, T. D. A. 1905. Some Coccidae from the Philippine Islands. Proc. Davenport Acad. Sci. Davenport, Iowa 10:127–136.

Cox, J. M. 1987. Pseudococcidae (Insecta: Hemiptera). Fauna of New Zealand 11. Science Information Pub. Centre, DSIR. Wellington. 230 pp.

Cox, J. M. 1989. The mealybug genus Planococcus (Homoptera: Pseudococcidae). Bull. Br. Mus. Nat. Hist., Entomol. 58:1–78.

Danzig, E. M. 1971. New and little-known species of mealy-bugs (Homoptera, Coccoidea, Pseudococcidae) from the Far East of USSR. Entomologicheskoe Obozrenye 50:366–391. (in Russian)

Danzig, E. M. 1980. Coccoids of the Far East USSR (Homoptera, Coccinea) with phylogenetic analysis of Scale Insects Fauna of the World. Nauka. Leningrad. 367 pp. (in Russian)

De Lotto, G. 1969. The Mealybugs of South Africa (Homoptera: Pseudococcidae), II. Department of Agricultural Technical Services. Pretoria. 30 pp.

Ehrhorn, E. M. 1900. New Coccidae from California. Can. Entomol. 32:311–318.

Ehrhorn, E. M. 1916. Contributions to the knowledge of the Dactylopiinae of Hawaii. Proc. Hawaii. Entomol. Soc. 3:231–247.

Essig, E. O. 1910. A new mealy bug infesting walnut, apple, and pear trees. Pseudococcus bakeri, n. sp. Pomona Col. J. Ent. 2:339–345.

Fernald, M. E. S. 1903. A Catalogue of the Coccidae of the World. Kessinger Publishing. Whitefish. 364 pp.

Ferris, G. F. 1921. Some Coccidae from Eastern Asia. Bull. Entomol. Res. 12:211–220.

Ferris, G. F. 1950a. Atlas of the Scale Insects of North America. Volume 5: The Pseudococcidae (Part I). Stanford Univ. Press. Palo Alto. 278 pp.

Ferris, G. F. 1950b. Report upon scale insects collected in China (Homoptera: Coccoidea). Part I. (Contribution no. 66). Microentomology 15:1–34.

Ferris, G. F. 1953. Atlas of the Scale Insects of North America. Volume 6: The Pseudococcidae (Part II). Stanford Univ. Press. Palo Alto. 506 pp.

Ferris, G. F. 1954. Report upon scale insects collected in China (Homoptera: Coccoidea). Part V. (Contribution No. 89). Microentomology 19:51–66.

Fullaway, D. T. 1923. Notes on the mealy-bugs of economic importance in Hawaii. Proc. Hawaii. Entomol. Soc. 5:305–321.

Goux, L. 1933. Notes sur les coccides (Hem.) de la France (6e note). Nouvelles observations sur les pseudococcines. Bul. Soc. Ent. de France 38:234–

236. (in French)

Goux, L. 1934. Notes sur les coccides (Hem.) de la France (7e note). atude d'un Filippia nouveau de Provence. Bull. Soc. Ent. de France 38:321–325. (in French)

Green, E. E. 1896. Catalogue of Coccidae collected in Ceylon. Indian Mus. Notes 4:2–10.

Green, E. E. 1900. Description of a new species of Ripersia destructive to sugar-cane. Indian Mus. Notes 5:37–38.

Green, E. E. 1908. Remarks on Indian scale insects (Coccidae), Part III. With a catalogue of all species hitherto recorded from the Indian continent. Mem. Dept. Agr. India (Ent. Series) 2:15–46.

Green, E. E. 1923. Observations on British Coccidae. VIII. Entomol. Mon. Mag. 59:211–218.

Green, E. E. 1933. Notes on some Coccidae from Surinam, Dutch Guiana, with descriptions of new species. Stylops 2:49–58.

Hall, W. J. 1923. Further observations on the Coccidae of Egypt. Techn. Sci. Serv. Bull. Min. Agric. Egypt. 36:1–61.

Hempel, A. 1918. Descripçao de sete novas espacies de coccidas. Rev. Museu Paulista 10:193–208. (in Portuguese)

Hollinger, A. H. 1917. Taxonomic value of antennal segments of certain Coccidae. Ann. Entomol. Soc. Am. 10:264–271.

Kanda, S. 1934. Two new genera of Japanese Coccidae. Insect World 38:308–312. (in Japanese)

Kirkaldy, G. W. 1902. Hemiptera. Fauna Hawaiiensis 3:93–174.

Kondo, T. and M. L. Williams. 2004. Redescription of the myrmecophilous soft scale insect: Aztecalecanium colimae (Cockerell), new genus and new combination (Hemiptera: Coccoidea: Coccidae). TIP Revista Especializada en Ciencias Quimico-Biologicas 7:5–9.

Kuwana, S. I. 1902. Coccidae (scale insects) of Japan. Proc. Calif. Acad. Sci. 3:43–98.

Kuwana, S. I. 1907. Coccidae of Japan, I. A synoptical list of Coccidae of Japan with descriptions of thirteen new species. Bull. Imperial Agric. Exp. Stn. Japan 1:177–212.

Kuwana, S. I. 1909. Coccidae of Japan (IV). A list of Coccidae from the Bonin Islands (Ogasawara-jima), Japan. J. N. Y. Entomol. Soc. 17:158–164.

Kuwana, S. I. 1917. A check list of the Japanese Coccidae. p.163–182. *in*: A Collection of Essays for Mr. Yasushi Nawa, Written in Commemoration of His Sixtieth Birthday, October 8, 1917. (Nagano, K., ed.) Nawa Insect Museum. Gifu. 348 pp.

Kuwana, S. I. 1923. I. Descriptions and biology of new or little-known coccids from Japan. Dep. Agric. Commerce, Imper. Plant Quar. Stn. Bull. 3:1–67.

Kuwana, S. I., and T. Toyoda. 1915. Phenacoccus suwakoensis n. sp. Insect World 19:443–446. (in Japanese)

Leonardi, G. 1918. Terza contribuzione alla conoscenza delle cocciniglie Italiane. Boll. Lab. Zool. Gen. Agr. Portici. 12:188–216. (in Italian)

Lindinger, L. 1932. Beitrage zur Kenntnis der Schildlause. Konowia 11:177–205. (in German)

Maskell, W. M. 1879. On some Coccidae in New Zealand. Trans. Proc. N. Z. Inst. 11:187–228.

Maskell, W. M. 1890. Further notes on Coccidae, with descriptions of new species from Australia, Fiji, and New Zealand. Trans. Proc. N. Z. Inst. 22:133–156.

Maskell, W. M. 1893. Further coccid notes: with descriptions of new species from Australia, India, Sandwich Islands, Demerara, and South Pacific. Trans. Proc. N. Z. Inst. 25:201–252.

Maskell, W. M. 1897a. Further coccid notes: with descriptions of new species and discussions of points of interest. Trans. Proc. N. Z. Inst. 29:293–331.

Maskell, W. M. 1897b. On a collection of Coccidae, principally from China and Japan. Entomol. Mon. Mag. 33:239–244.

Miller, D. R. 1975. A Revision of the Genus Heterococcus Ferris with a Diagnosis of Brevennia Goux (Homoptera: Coccoidea: Pseudococcidae). Tech. Bull. No. 1497. Agricultural Research Service, U.S. Dept. of Agriculture. Washington. 61 pp.

Morrison, H. 1921. Some nondiaspine Coccidae from the Malay peninsula, with descriptions of apparently new species. Philipp. J. Sci. 18:637–677.

Morrison, H. 1925. Identity of the mealybug described

as Dactylopius calceolariae Maskell. J. Agric. Res. 31:485–500.

Newstead, R. 1892. On new or little known Coccidae, chiefly English (No. 2). Entomol. Mon. Mag. 28: 141–147.

Newstead, R. 1894. Scale insects in Madras. Indian Mus. Notes 3:21–32.

Risso, A. 1813. Mamoire sur l'histoire naturelle des oranges, bigaradiers, limettiers, cadratiers limoniers ou citroniers, cultivas dans le dapartment des alpes maritimes. Annls Mus. Hist. Nat. 20:401–431. (in French)

Robinson, E. 1918. Descriptions and records of Phillippine Coccidae. Philipp. J. Sci. 13:145–147.

Shinji, O. 1935. A list of the unarmed scale insects collected in the Prefecture of Iwate, with the descriptions of 7 new species. Dobutsugako Zasshi, Tokyo (Journal of the Zoological Society of Japan) 47:767–777. (in Japanese with English abstract)

Shinji, O. 1936. Two new Japanese species of Pseudococcus (Hemiptera-Homoptera). Kontyu 10:49–51. (in Japanese)

Signoret, V. 1875. Essai sur les cochenilles ou gallinsectes (Homopteres-Coccides), 15e partie. Ann. Soc. Entomol. Fr. 5:305–352.

Silvestri, F. 1926. Descriptions of a new myrmecophilous genus of Coccidae (Hemiptera) from China. [Descrizioni di un nove genere di Coccidae myrmecofilo della Cina.]. Boll. Lab. Zool. Gen. Agrar. Portici 18:271–275. (in Italian)

Shiraiwa, H. 1933. Investigation of mealybugs (*Pseudococcus*). *in*: Plant Quarantine Statistics, No. 8. Bur. of Agr. Min. Agr. Forestry No. 55. Noji Kairyo Shiryo.

Shiraiwa, H. 1935. Studies on mealy bugs infesting pear in Japan. Kontyu 9:68–75. (in Japanese)

Takahashi, R. 1928a. Coccidae of Formosa. Philipp. J. Sci. 36:327–347.

Takahashi, R. 1928b. Coccidae of Formosa (2). Trans. Nat. Hist. Soc. Formosa 18:253–261.

Takahashi, R. 1929. Observations on the Coccidae of Formosa, Part I. Formosa Govt. Res. Inst. Dept. Agric. Rept. 40. Taihoku. 80 pp.

Takahashi, R. 1930. Observations on the Coccidae of Formosa, Part II. Formosa Govt. Res. Inst. Dept. Agric. Rept. 48. Taihoku. 45 pp.

Takahashi, R. 1932. Records and descriptions of the Coccidae from Formosa. Part 2. Soc. Trop. Agric. J. 4:41–48.

Takahashi, R. 1934. Observations on the Coccidae of Formosa, Part IV. Formosa Govt. Res. Inst. Dept. Agric. Rept. 63. Taihoku. 38 pp.

Takahashi, R. 1937. Some Coccidae from Formosa and Japan (Homoptera), II. Mushi 9:69–72.

Takahashi, R. 1939a. Some Aleyrodidae, Aphididae, and Coccidae from Micronesia (Homoptera). Tenthredo 2:234–272.

Takahashi, R. 1939b. Some Coccidae from Formosa and Japan (Homoptera), IV. Mushi 12:86–89.

Takahashi, R. 1940. Some Coccidae from Formosa and Japan (Homoptera), V. Mushi, Fukuoka Entomological Society 13:18–28.

Takahashi, R. 1941. Two new myrmecophilous Coccidae from Thailand. Tenthredo 3:201–207.

Takahashi, R. 1942a. Some Coccidae from Malaya and Hongkong (Homoptera). Trans. Nat. Hist. Soc. Formosa 32:63–68.

Takahashi, R. 1942b. Some injurious insects of agricultural plants and forest trees in Thailand and Indo-China. II. Coccidae. Report. Formosa Govt. Res. Inst. Dept. Agric. Rept. 81. Taihoku. 56 pp.

Takahashi, R. 1942c. Some species of Aleyrodidae, Aphididae and Coccidae in Micronesia (Homoptera). Tenthredo 3:349–358.

Takahashi, R. 1958. Key to the genera of Pseudococcidae in Japan, with descriptions of three new genera and two new species. Bull. Osaka Pref. Univ. 7:1–8.

Tang, F. T. 1992. The Pseudococcidae of China. Chinese Agricultural Science Technology Press. Beijing. 767 pp. (in Chinese with English abstract)

Tao, C. C. C. 1978. Check list and host plant index to scale insects of Taiwan, Republic of China. J. of Agric. Res. of China, 27:77–141.

Tao, C. C. C. 1989. Scale insects name list of Taiwan, Republic of China. Bull. Taichung Dist. Agric. Improv. Sta. 22:57–70. (in Chinese)

Tao, C. C. C. 1999. List of Coccoidea (Homoptera) of

China. Agric. Res. Inst. Pub. No. 78. Taichung. 176 pp.

Tu, W., W. Wu, and P. Lee. 1988. Planococcini of Taiwan (Homoptera: Pseudoccidae). Ann. Taiwan Mus. 31:71–101. (in Chinese with English abstract)

Wang, T. C. 1982. A study on the Chinese Paraputo and Heliococcus with description of new species (Homoptera: Coccoidea: Pseudococcidae). Acta Entomol. Sin. 25:315–320. (in Chinese with English abstract)

Williams, D. J. 1960. The Pseudococcidae (Coccoidea: Homoptera) of the Solomon Islands. Bull. Br. Mus. Nat. Hist., Entomol. 8:387–430.

Williams, D. J. 1963. Some taxonomic notes on the Coccoidea (Homoptera). Entomologist 96: 100–101.

Williams, D. J. 1970. The mealybugs (Homoptera, Coccoidea, Pseudococcidae) of sugar-cane, rice and sorghum. Bull. Entomol. Res. 60:109–188.

Williams, D. J. 1978. The Anomalous Ant-Attended Mealybugs (Homoptera: Pseudococcidae) of South-East Asia. Bull. Br. Mus. Nat. Hist., Entomol. 37. British Museum (Natural History). London. 72 pp.

Williams, D. J. 1986. *Rastrococcus invadens* sp. n. (Hemiptera: Pseudococcidae) introduced from the Oriental Region to West Africa and causing damage to mango, citrus and other trees. Bull. Entomol. Res. 76:695–699.

Williams, D. J. 1989. The mealybug genus *Rastrococcus* Ferris (Hemiptera: Pseudococcidae). Syst. Entomol. 14:433–486.

Williams, D. J. 2004. Mealybugs of Southern Asia. Natural History Museum. London. 896 pp.

Williams, D. J. and G. W. Watson. 1988. The Scale Insects of the tropical South Pacific Region, Part 2. The Mealybugs (Pseudococcidae). CAB International. Wallingford. 260 pp.

Williams, D. J. and J. H. Martin. 2005. An account of the Pacific mealybug genus Laminicoccus Williams (Hemiptera: Coccoidea: Pseudococcidae). Zootaxa 804:1–12.

Wong, C. Y., S. P. Chen, and L. Y. Chou. 1999. Guidebook to Scale Insects of Taiwan. Agric. Res. Inst. Pub. Taichung. 98 pp. (in Chinese).

農業試驗所昆蟲標本館館藏粉介殼蟲標本名錄[1]

陳淑佩[2,5] 翁振宇[2] 吳文哲[3,4]

摘　要

陳淑佩、翁振宇、吳文哲。2012。農業試驗所昆蟲標本館館藏粉介殼蟲標本名錄。台灣農業研究 61:298–315。

本文羅列 35 屬 72 種 (872 玻片標本) 之農業試驗所館藏之粉介蟲科 (Pseudococcidae) [半翅目 (Hemiptera) 胸喙亞目 (Sternorrhyncha) 介殼蟲總科 (Coccoidea)] 名錄，其中亦包含異名、寄主植物及採集分布等資料。

關鍵詞：粉介殼蟲、農業試驗所、館藏標本。

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2710 號。接受日期：101 年 8 月 22 日。
2. 本所應用動物組助理研究員、技工。台灣 台中市。
3. 國立台灣大學昆蟲學系教授。台灣 台北市。
4. 國立台灣大學植物醫學研究中心教授。台灣 台北市。
5. 通訊作者，電子郵件：spchen@tari.gov.tw；Fax：(04)23317600。

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 61(4):316–329 (2012)

藥劑對南美斑潛蠅 (*Liriomyza huidobrensis*) (雙翅目：潛蠅科) 及其臺潛蠅繭蜂 (*Opius caricivorae*) (膜翅目：小繭蜂科) 存活與生育力之影響 [1]

錢景秦 [2,3] 張淑貞 [2]

摘　要

錢景秦、張淑貞。2012。藥劑對南美斑潛蠅 (*Liriomyza huidobrensis*) (雙翅目：潛蠅科) 及其臺潛蠅繭蜂 (*Opius caricivorae*) (膜翅目：小繭蜂科) 存活與生育力之影響。台灣農業研究 61:316–329。

臺潛蠅繭蜂 (*Opius caricivorae* Fischer) 為台灣地區南美斑潛蠅 [*Liriomyza huidobrensis* (Blanchard)] 重要本地種寄生蜂。本文以藥劑浸漬帶有南美斑潛蠅與寄生蜂豆葉之方法，於室內測試歐殺滅 (oxamyl SL)、阿巴汀 (abamectin EC) 及賽滅淨 (cyromazine SL, WP) 等藥劑對南美斑潛蠅及其臺潛蠅繭蜂存活與生育力之影響。結果得知上述三種藥劑均對南美斑潛蠅具顯著致死效果，可供該蠅防治用。歐殺滅與阿巴汀對南美斑潛蠅各蟲期之防治效能，均以卵與幼蟲期最高，存活率為 0%；其次為成蟲期，成蠅接觸上述二種藥劑 24 小時，其間雌蠅存活率、雄蠅存活率、產卵數及取食刻點數，不僅各受到 27.1 與 25.1、40.5 與 38.8、90.3 與 98.6 及 94.6% 與 99.2% 之抑制，尚對之後的雌蠅壽命、雄蠅壽命、子代成蠅數及取食刻點數，各達 50.8 與 67.8、59.8 與 71.7、88.1 與 93.3 及 84.3% 與 93.9% 之抑制。賽滅淨二種劑型 (溶液與可濕性粉劑) 對南美斑潛蠅各蟲期之防治效能一致，均以幼蟲期最高，存活率為 0%；成蟲期次之，成蠅接觸此藥劑不同劑型 24 小時，其間藥劑對成蠅存活率、產卵數及取食刻點數等，雖均無顯著直接影響，但對之後的雌蠅壽命、雄蠅壽命、子代成蠅數及取食刻點數，各達 26.0 與 26.6、39.4 與 43.3、89.6 與 85.1 及 86.2% 與 83.9% 之抑制；卵期影響最小，該劑二種劑型對孵化率之抑制雖僅各達 23.7% 與 25.7%，但對其後第一幼蟲存活率之抑制各達 49.8% 與 45.5%，對第二齡幼蟲存活率之抑制均達 100%。臺潛蠅繭蜂方面，三種藥劑雖均對臺潛蠅繭蜂卵期無顯著毒害，但其後幼蟲至蛹期之存活率均降為 0%。成蜂各接觸三種藥劑 24 小時，其中以阿巴汀最毒，雌、雄蜂存活率各顯著降低 90.0% 與 46.7%；歐殺滅次之，僅顯著降低雌蜂存活率 21.4%；賽滅

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2711 號。接受日期：101 年 8 月 31 日。
2. 本所應用動物組前研究員及助理研究員。台灣 台中市。
3. 通訊作者，電子郵件：chien@tari.gov.tw；傳真機：(04)23317600。

淨二種劑型則對雌、雄蜂存活率均無顯著抑制影響。致死寄主方面，三種藥劑分別與臺潛蠅繭蜂併用，各處理組之致死寄主率均達 100%，單用臺潛蠅繭蜂者則僅 64.8%。生殖力方面，阿巴汀與歐殺滅均顯著各減少 86.2% 與 67.7% 產卵量與 100% 子代成蜂數，賽滅淨二種劑型則僅減少 100% 子代成蜂數。成蜂各接觸三種藥劑 24 小時後，繼之供以未經藥劑處理之南美斑潛蠅幼蟲，結果僅阿巴汀對寄生蜂雌、雄蜂壽命及生育力，各顯著減少 80.7、59.0 及 100%；至於歐殺滅與二種劑型之賽滅淨，無論對臺潛蠅繭蜂之壽命、生育力及子代雌性比均無顯著影響。綜合考慮藥劑對臺潛蠅繭蜂之直接與亞致死影響，由於賽滅淨二種劑型均對南美斑潛蠅具高毒性，但對臺潛蠅繭蜂之毒性較低，因而在寄生蜂安全上，建議在南美斑潛蠅防治中賽滅淨可與臺潛蠅繭蜂配合施用。

關鍵詞：斑潛蠅、南美斑潛蠅、寄生蜂、臺潛蠅繭蜂、藥劑、蟲期。

前　言

南美斑潛蠅 [*Liriomyza huidobrensis* (Blanchard)] 屬雙翅目 (Diptera)、潛蠅科 (Agromyzidae)。最早發生於中美洲與南美洲，1980 年代之後，擴散分布於北美洲 (美國加州)、中美洲與加勒比海、南美洲、歐洲、非洲、亞洲及大洋洲 (夏威夷、關島) 等地 (Anonymous 2006, http://www.cabi.org/cpc/)。南美斑潛蠅之食性為高度多食性，為世界性重要之蔬菜、花卉及糧食作物等之害蟲 (Jiang *et al.* 1997; Wen *et al.* 1998; Zou *et al.* 1998; Chen & Kang 2002; Luo *et al.* 2002; Song *et al.* 2004; Anonymous 2006)。

台灣於 1998 年 11 月首次在雲林縣林內鄉油菜上發現南美斑潛蠅 (Chien & Chang unpublished data)，2000 年登錄為台灣新侵入種 (Shiao & Wu 2000)，至今已分布於台灣中、南部及澎湖、金門、馬祖，危害 6 科、26 種蔬果，偏好溫涼氣候，平地僅在 11 月至翌年 5 月發生，危害冬季蔬菜，為斑潛蠅類在萘菜、豌豆、萵苣及茼蒿上之優勢種 (40.4–100%) (Chien & Chang unpublished data)。

底比斯釉小蜂 [*Chrysocharis pentheus* (Walker)]、岡崎釉小蜂 [*Closterocerus okazakii* (Kamijo)] 及臺潛蠅繭蜂 (*Opius caricivorae* Fischer) 為台灣地區南美斑潛蠅本地種寄生蜂 (Chien & Chang unpublished data)，其中臺潛蠅繭蜂因其生物習性與族群內在增殖率，致使在 15℃、20℃與 25℃時，對南美斑潛蠅族群分別具有強勢或相當之抑制力 (Chien & Chang 2012a, 2012b, 2012c)。

南美斑潛蠅與臺潛蠅繭蜂之形態、生活史及生命表等相關研究業已完成 (Wen *et al.* 2002; Chien & Chang 2008, 2012a, 2012b, 2012c)。由於行政院農業委員會審定植物保護手冊中，並未列有防治南美斑潛蠅之推薦藥劑，所以本研究參考該手冊中推薦防治番茄斑潛蠅 [*Liriomyza bryoniae* (Kaltenbach)] 藥劑，或在十字花科蔬菜、豆科豆菜類、洋香瓜、茄科果菜、茄科、蕹菜、芹菜、菠菜、菊科蔬菜、瓜類及蔥科葉菜類等作物推薦防治斑潛蠅類之延伸使用藥劑 (Anonymous 2010, http://www.tactri.gov.tw/htdocs/ppmtable/)，及可有效防治蔬菜斑潛蠅 (*Liriomyza sativae* Blanchard) (Chien & Chang 2010) 之殺蟲劑中，選擇歐殺滅溶液 (oxamyl SL)、阿巴汀乳劑 (abamectin EC)、賽滅淨溶液 (cyromazine SL) 及賽滅淨可濕性粉劑 (cyromazine WP)，與各藥劑之推薦濃度，

於室內進行此等藥劑對南美斑潛蠅及其薹潛蠅繭蜂未成熟期與成蟲期之藥效與影響，期能將結果提供該蠅綜合防治之參考。

材料與方法

寄主植物之栽培

參照 Chien & Ku (1996) 於溫室內栽培菜豆苗 (*Phaseolus vulgaris* var. *communis* Aeschers) 之方法，待菜豆苗發育至株高 15–20 cm，本葉 (primary leaf) 葉寬達 7–9 cm 時，即可供室內南美斑潛蠅產卵與以下不帶蟲豆苗浸漬藥劑試驗用。

南美斑潛蠅與寄生蜂之採集

參照 Chien & Chang (2008) 之方法，在雲林縣林內鄉菜豆 (*Phaseolus vulgaris* L.) 上採集被南美斑潛蠅幼蟲危害之葉片，攜回室內並將被害葉放入塑膠盤內，待幼蟲化蛹，將蛹置入一端有紗網覆蓋之壓克力筒內 (直徑 20 cm、高 25 cm)。待南美斑潛蠅與薹潛蠅繭蜂羽化，供做飼育之蟲源。

南美斑潛蠅與薹潛蠅繭蜂之繁殖

參照 Chien & Ku (1996) 飼育非洲菊斑潛蠅 [*Liriomyza trifolii* (Burgess)] 之方法，在室內 25℃定溫下，以株高 15–20 cm、本葉寬 7–9 cm 之菜豆苗供南美斑潛蠅產卵繁殖。薹潛蠅繭蜂之繁殖則參照 Chien & Ku (2001) 與 Chien & Chang (2012a) 之方法，以帶有南美斑潛蠅第三齡幼蟲潛食之罐插菜豆苗，供薹潛蠅繭蜂產卵繁殖。

供試藥劑

供試藥劑與濃度係參照農業委員會農藥技術諮議委員會審定植物保護手冊中，推薦防治番茄斑潛蠅藥劑、或推薦防治斑潛蠅類之延伸使用藥劑 (Anonymous 2010)、及可有效防治蔬菜斑潛蠅 (Chien & Chang 2010) 藥劑中之歐殺滅溶液、阿巴汀乳劑、賽滅淨溶液及賽滅淨可濕性粉劑。各藥劑之施用濃度、化學類別及出品公司詳見表 1。

帶蟲與不帶蟲豆苗之預備

帶有南美斑潛蠅豆苗之預備：參照 Chien & Chang (2010) 之方法，在 25℃定溫下以菜豆苗供南美斑潛蠅產卵 4 小時，然後將本葉內帶有蠅卵之菜豆苗移出，並放置於溫度 25℃、相對濕度 65–85% 及光週期 14L：10D (上午 5 點至下午 7 點間照光) 下之室內繼續飼養，以供後述藥效試驗，包括帶有蠅卵 (產卵後第二日)、或帶有斑潛蠅第三齡幼蟲 (產卵後第六日) 豆苗之試驗材料。所有供試之帶有南美斑潛蠅豆苗祇留有 2 片本葉，真葉 (mature leaf) 均摘除。

帶有薹潛蠅繭蜂豆苗之預備：參照 Chien & Chang (2011) 之方法，在 25℃定溫下先將 4 至 5 株帶有共約 120 隻南美斑潛蠅三齡幼蟲 (產卵後第六日) 之豆苗合插於一個盛水塑膠罐

表 1. 供試藥劑種類、濃度、化學類別及出品公司
Table 1. Chemical insecticides used in this study

Common name and formulation	Dilution factor	Chemical group	Activity	Manufacturer
Oxamyl 10% SL	250	Carbamate	Insecticide, acaricide, nematicide	DuPont Taiwan Ltd., Taipei, Taiwan
Abamectin 2% EC	1000	Avermectin	Insecticide, acaricide, nematicide	Syngenta Taiwan Ltd., Taipei, Taiwan
Cyromazine 8.9% SL	1000	Triazine	Insecticide (insect growth regulator), acaricide	Syngenta Taiwan Ltd., Taipei, Taiwan
Cyromazine 75% WP	4000	Triazine	Insecticide (insect growth regulator), acaricide	Syngenta Taiwan Ltd., Taipei, Taiwan

內 (直徑 4 cm、高 5 cm)，置入內徑 21 cm 之塑膠圓盤，並罩以上述相同大小之壓克力筒，各接入 30 隻已交尾且有產卵經驗之臺潛蠅釉蜂雌蜂，2 小時後供試之南美斑潛蠅幼蟲幾全部被寄生 (Chien & Chang 2012a)，此時將本葉內南美斑潛蠅幼蟲體內帶有蜂卵之菜豆苗移出，供後述藥效試驗。所有供試之帶有寄生蜂蜂卵豆苗祇留有 2 片本葉，真葉均摘除。至於各供試卵之數量，可藉寄生蜂單員 (solitary)、幼蟲至蛹內寄生 (larval-pupal endoparasitism) 之特性 (Chien & Chang 2012a)，由每片豆葉上之南美斑潛蠅幼蟲數先估算寄生蜂之卵數，待南美斑潛蠅老熟幼蟲鑽出豆葉化蛹後之第六日，除以立體顯微鏡 (Wild, Heerbrugg, Switzerland，接目鏡 20×、接物鏡 6×) 透過南美斑潛蠅蛹體計數寄生蜂之前蛹數外，尚解剖已死之南美斑潛蠅蛹，檢視其體內寄生蜂未孵化之卵數與死亡幼蟲數，確認實際供試之蜂卵數。

不帶蟲豆苗之預備：參照 Chien & Chang (2010) 之方法，準備未經南美斑潛蠅雌蠅或臺潛蠅釉蜂雌蜂產卵之相同大小豆苗，做為不帶蟲豆苗之試驗材料。

帶蟲或不帶蟲豆苗浸漬藥劑之處理

參照 Chien & Chang (2010, 2011) 之方法，在 25℃下各將本葉內帶有南美斑潛蠅蠅卵 50–70 粒 (產後第二日) 之單株菜豆苗，或帶有南美斑潛蠅第三齡幼蟲 40–60 隻 (產卵後第六日)、或本葉內南美斑潛蠅幼蟲體內已有臺潛蠅釉蜂蜂卵 30–63 粒 (產後第二日)、或不帶蟲之單株菜豆苗，均齊根剪下浸漬藥液 1 分鐘，再插入盛水試管內，待 30 分鐘豆葉表面之藥液自然風乾後，在距豆苗剪口 5 cm 處以海綿片束紮，並直插入罐蓋上有圓孔之盛水塑膠罐底部，供各項試驗用。另設浸水處理之對照組，其方法與過程與浸藥處理相同，僅豆苗浸漬藥劑時，對照組係以水替代之。

斑潛蠅卵期施藥對其未成熟期存活率之影響

參照 Chien & Chang (2010) 之方法，於 25℃定溫下在帶蟲 (南美斑潛蠅卵) 豆苗浸藥處理後之第三日，記錄南美斑潛蠅第一齡幼蟲數與未孵化蠅卵數，以計算蠅卵之存活率。第四日起，每日記錄南美斑潛蠅各齡幼蟲數、蠅蛹數及成蠅數。另設僅浸水處理之帶蟲 (南美斑潛蠅卵) 豆苗為對照組，其方法與過程與浸藥處理相同。每處理各做 4–6 重複。

斑潛蠅第三齡幼蟲期施藥對其未成熟期存活率之影響

參照 Chien & Chang (2010) 之方法，於 25℃定溫下在帶蟲 (南美斑潛蠅第三齡幼蟲) 豆苗浸藥處理後之第二日，記錄蠅蛹數與死亡斑潛蠅幼蟲數，以計算藥劑對南美斑潛蠅第三齡幼蟲存活率之影響。第十日起，每日記錄羽化之成蠅數，以計算藥劑對蠅蛹存活率之影響。另設僅浸水處理之帶蟲 (南美斑潛蠅第三齡幼蟲) 豆苗為對照組，其方法與過程與浸藥處理相同。每處理各做 4 重複。

藥劑對斑潛蠅成蠅之影響

豆苗浸藥後接成蠅 **24** 小時之處理：參照 Chien *et al.* (2007a) 與 Chien & Chang (2010) 之方法，在 25℃定溫下上午 9 點將南美斑潛蠅二日齡已交尾成蠅 10 對 (羽化後第三日) 置入壓克力筒內，除供應 2 株已浸藥處理後之不帶蟲豆苗供其產卵與取食外，另以蜂蜜供應成蠅食用。24 小時後僅將成蠅移出，記錄雌、雄蠅之存活數；豆苗仍留在原壓克力筒內，距雌蠅與藥劑接觸後之次日、第四日及第四至六日，分別記錄原浸藥豆葉上雌蠅之取食刻點數、子代蠅卵數及子代第一至三齡斑潛蠅幼蟲數。另設僅浸水處理之不帶蟲豆苗為對照組，其方法與過程與浸藥處理相同。每處理各做 4–8 重複。

成蠅接觸藥劑 **24** 小時後存活個體之後續

觀察：參照 Chien & Chang (2010) 之方法，在上述南美斑潛蠅成蠅經接觸 24 小時豆苗藥劑處理後，自存活者中隨機選取 1 對成蠅，置入另一壓克力筒內，每日供應蜂蜜與未經浸藥處理之 1 株不帶蟲豆苗，直至雌蠅死亡為止。然後記錄該蠅之壽命、生育力及取食刻點數。對照組之雌蠅則是選自藥劑試驗中對照組之存活者，其方法與過程與浸藥處理相同。每處理各做 8–28 重複。

寄生蜂卵期施藥對其未成熟期存活率之影響

於 25℃定溫下，距帶蟲 (南美斑潛蠅幼蟲體內有臺潛蠅繭蜂卵者) 豆苗浸藥處理後第二天，收集內已有寄生蜂卵之南美斑潛蠅蛹，置入直徑 9 cm、高 1.5 cm 之塑膠培養皿內。依 Chien *et al.* (2007b) 之方法與臺潛蠅繭蜂之發育 (Chien & Chang 2012a)，7 日後鏡檢記錄各處理組臺潛蠅繭蜂卵之孵化率及其後幼蟲至蛹期之存活率。另設僅浸水處理之對照組，其方法與過程與浸藥處理相同。每處理各做 4–5 重複。

藥劑對寄生蜂成蜂之影響

帶有南美斑潛蠅豆苗浸藥後接蜂 24 小時之處理：參照 Chien *et al.* (2007b) 之方法，在 25℃定溫下，上午 9 點將臺潛蠅繭蜂二日齡已交尾成蜂 10 對 (羽化後第三日) 釋入直徑 20 cm、高 25 cm 壓克力筒內，同時將浸藥後 30 分鐘之帶蟲 (200 隻第三齡南美斑潛蠅幼蟲) 豆苗供其產卵，另以細毛筆將蜂蜜塗於壓克力筒內壁，供成蜂食用。24 小時後移出成蜂，記錄雌、雄蜂之存活數，豆苗仍留在原壓克力筒內，二日後收集南美斑潛蠅蛹，置入直徑 9 cm、高 1.5 cm 之塑膠培養皿內，依 Chien *et al.* (2007b) 之方法與臺潛蠅寄生蜂之習性 (Chien & Chang 2012a)，距雌蜂與藥劑接觸後之 7 日鏡檢記錄寄生蜂卵數，15 日後記錄子蜂數、雌性比、南美斑潛蠅死亡率等。另設僅浸水處理之對照組，其方法與過程與浸藥處理相同。每處理各做 4 重複。南美斑潛蠅死亡率之公式為 [1 – (南美斑潛蠅成蠅數 ÷ 供試南美斑潛蠅幼蟲數)]。

成蜂接觸藥劑 24 小時後存活個體之後續觀察：參照 Chien *et al.* (2007b) 之方法，在上述臺潛蠅繭蜂成蜂經接觸 24 小時帶有南美斑潛蠅豆苗藥膜處理後，自存活成蜂中隨機選取 1 對成蜂，釋入另一直徑 20 cm、高 25 cm 壓克力筒內，每日供應蜂蜜與新鮮未經浸藥處理帶有 30–40 隻第三齡南美斑潛蠅幼蟲之單株罐插豆苗，直至雌蜂死亡為止。然後依 Chien *et al.* (2007b) 之方法，計數該蜂之壽命、生育力及子代雌性比。對照組之雌蜂則是選自藥劑試驗中對照組之存活者，其方法與過程與浸藥處理相同。每處理各做 7–12 重複。

統計分析

各項處理之試驗資料利用 SAS-EG (SAS Enterprise Guide) 4.1 版本統計分析軟體先進行變方分析 (analysis of variance, ANOVA)，再以最小顯著差異性 (least significant difference, LSD) 測驗，在 5% 顯著水準下比較處理間平均值之差異；若遇百分率時，資料先進行角度轉換 (arcsine transformation)，再進行分析。

結　　果

斑潛蠅卵期施藥對其未成熟期存活率之影響

供試之三種藥劑與劑型中，以歐殺滅與阿巴汀對南美斑潛蠅卵之藥效最強，存活率為 0%；其次為賽滅淨，不論是溶液或可濕性粉劑之劑型，卵存活率各為 75.0% 與 73.0%，各藥劑與對照組 (98.3%) 均呈顯著差異。若持續觀察孵化幼蟲在原浸藥處理豆葉上之發育，則發現賽滅淨二種劑型 (溶液與可濕性粉劑) 均使南美斑潛蠅第一齡幼蟲之存活率各銳減為 48.1% 與 52.3%，第二齡幼蟲之存活率均銳減

為 0%，劑型間雖無顯著差異，但均與對照組呈顯著差異 (表 2)。

斑潛蠅第三齡幼蟲期施藥對其存活率之影響

供試之三種藥劑與劑型均對南美斑潛蠅第三齡幼蟲有顯著之藥效，其存活率均為 0%，處理間無顯著差異，但均與對照組 (100%) 呈顯著差異 (表 3)。

藥劑對斑潛蠅成蠅之影響

豆苗浸藥後接成蠅 **24** 小時之處理：歐殺滅與阿巴汀對南美斑潛蠅成蠅之藥效影響一致，二種藥劑不但各對雌蠅 (27.1% 與 25.1%) 與雄蠅 (40.5% 與 38.8%) 具顯著致死率、亦顯著各降低雌蠅之產卵量 (90.3% 與 98.6%)、抑制 100% 卵之孵化率及各減少 94.6% 與 99.2% 雌蠅之取食刻點數；同時藥劑對雄蠅之致死率顯著高於雌蠅。賽滅淨二劑型處理組中，成蠅存活率、產卵數及取食刻點數等，雖均與對照組無顯著差異，但其子代第一、二及三齡幼蟲數卻顯著較對照組各銳減 66.7–75.0、98.6 及

表 2. 南美斑潛蠅卵經不同藥劑處理後對卵、幼蟲、蛹及卵至蛹期存活率之影響

Table 2. Effect of treatment of eggs of *Liriomyza huidobrensis* with various insecticides on survival of egg, larval, pupal, and egg to pupal stages [z]

	Survival (%) of the stages of *Liriomyza huidobrensis*						
		Larva					
Insecticides	Egg	1st	2nd	3rd	total	Pupa	Egg to pupa
Oxamyl	0.0 ± 0.0 c [y]	–	–	–	–	–	0.0 ± 0.0 b
Abamectin	0.0 ± 0.0 c	–	–	–	–	–	0.0 ± 0.0 b
Cyromazine SL	75.0 ± 3.2 b	48.1 ± 2.2 b	0.0 ± 0.0 b	–	0.0 ± 0.0 b	–	0.0 ± 0.0 b
Cyromazine WP	73.0 ± 4.6 b	52.3 ± 2.1 b	0.0 ± 0.0 b	–	0.0 ± 0.0 b	–	0.0 ± 0.0 b
CK	98.3 ± 1.7 a	95.9 ± 1.9 a	98.3 ± 1.0 a	100.0 ± 0.0	96.3 ± 2.3 a	64.9 ± 2.5	58.3 ± 3.2 a

[z] One seedling of field bean infested with 50–70 *L. huidobrensis* eggs was dipped in an insecticide solution for 1 min. For untreated control, one seedling infested with 50–70 *L. huidobrensis* eggs was dipped in distilled water. At 30 min after treatment, one seedling was placed in an acrylic cylinder (20 cm diameter × 25 cm height) and kept at 25℃, 65–85% RH and a photoperiod of 14L:10D.

[y] Mean ± standard error (n = 4–6). Means within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by LSD test. Data were transformed to arcsin-square-root prior to ANOVA.

表 3. 南美斑潛蠅第三齡幼蟲經不同藥劑處理後對幼蟲、蛹及幼蟲至蛹期存活率之影響

Table 3. Effect of treatment of third instar larvae of *Liriomyza huidobrensis* with various insecticides on survival of larval, pupal, and larval to pupal stages [z]

	Survival (%) of the stages of *Liriomyza huidobrensis*		
Insecticides	Larva	Pupa	Larva to pupa
Oxamyl	0.0 ± 0.0 b [y]	–	0.0 ± 0.0 b
Abamectin	0.0 ± 0.0 b	–	0.0 ± 0.0 b
Cyromazine SL	0.0 ± 0.0 b	–	0.0 ± 0.0 b
Cyromazine WP	0.0 ± 0.0 b	–	0.0 ± 0.0 b
CK	100.0 ± 0.0 a	79.6 ± 2.9	79.6 ± 2.9 a

[z] One seedling of field bean infested with 40–60 third-instars of *L. huidobrensis* was dipped in an insecticide solution for 1 min. For untreated control, one seedling infested with 40–60 third-instars of *L. huidobrensis* was dipped in distilled water. At 30 min after treatment, one seedling was placed in an acrylic cylinder (20 cm diameter × 25 cm height) and kept at 25℃, 65–85% RH and a photoperiod of 14L:10D.

[y] Mean ± standard error (n = 4). Means within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by LSD test. Data were transformed to arcsin-square-root prior to ANOVA.

100%，二劑型處理間無顯著差異 (表 4)。

成蠅接觸藥劑 24 小時後存活個體之後續觀察：各藥劑對南美斑潛蠅之雌蠅與雄蠅壽命均呈顯著減少，就雌蠅壽命而言，以阿巴汀藥效最強，歐殺滅次之，賽滅淨之二種劑型最差，各較對照組顯著減少 67.8、50.8 及 26.0–26.6%，處理間呈顯著差異；雄蠅壽命方面則以歐殺滅與阿巴汀藥效最強，賽滅淨之二種劑型次之，各較對照組顯著減少 59.8–71.7% 與 39.4–43.3%，處理間呈顯著差異；同時各處理組中雄蠅壽命均顯著較雌蠅短。生育力方面，各藥劑對子代第三齡幼蟲數、蛹數及成蠅數之影響，處理間雖均無顯著差異，但卻均顯著較對照組各減少 84.3–91.5、84.3–91.9 及 85.1–93.3%。子代雌性比方面，僅阿巴汀處理組較對照組顯著減少 25.0%，其餘各藥劑均與對照組無顯著差異。取食刻點數方面，各藥劑對雌蠅取食刻點數顯著較對照組減少 83.9–93.9% (表 5)。

寄生蜂卵期施藥對其卵與幼蟲至蛹期存活率之影響

臺潛蠅繭蜂卵經三種不同藥劑與劑型處理

表 4. 南美斑潛蠅成蟲經不同藥劑處理 24 小時內之存活率、子代數及取食刻點數

Table 4. Survival, progeny and feeding stipples of *Liriomyza huidobrensis* adults treated with various insecticides for 24 hours [z]

Insecticides	n	Survival of adult (%) Female	Survival of adult (%) Male	No. progeny/10 females Egg	No. progeny/10 females Larva 1st	Larva 2nd	Larva 3rd	Survival of egg (%)	No. feeding stipples/10 females
Oxamyl	8	72.9 ± 2.9 Ab [y]	57.1 ± 5.2 Bb	7 ± 2 b	0 ± 0 c	–	–	0.0 ± 0.0 c	66 ± 12 b
Abamectin	8	74.9 ± 3.1 Ab	58.8 ± 4.0 Bb	1 ± 0 b	0 ± 0 c	–	–	0.0 ± 0.0 c	10 ± 1 b
Cyromazine SL	5	98.0 ± 2.0 Aa	96.0 ± 2.4 Aa	86 ± 11 a	18 ± 3 b	1 ± 1 b	0 ± 0 b	22.7 ± 5.4 b	1129 ± 136 a
Cyromazine WP	4	100.0 ± 0.0 Aa	95.0 ± 2.9 Aa	78 ± 9 a	24 ± 5 b	1 ± 1 b	0 ± 0 b	29.3 ± 3.5 b	1027 ± 81 a
CK	5	100.0 ± 0.0 Aa	96.0 ± 2.4 Aa	72 ± 7 a	72 ± 7 a	72 ± 7 a	72 ± 7 a	100.0 ± 0.0 a	1215 ± 67 a

[z] One seedling of field bean was dipped in an insecticide for 1 min. For untreated control, one seedling was dipped in distilled water. At 30 min after treatment, 4–5 seedlings were placed in an acrylic cylinder (20 cm diameter × 25 cm height). Ten pairs of 2-day-old adult flies were released into each cylinder. All the treatments were kept at 25℃, 65–85% RH and a photoperiod of 14L:10D.

[y] Mean ± standard error. Means within a column (in small letter) and within a row of survival rate (in capital letter) followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by LSD test. Percent survival of adult and egg were transformed to arcsin-square-root prior to ANOVA.

表 5. 南美斑潛蠅成蟲經不同藥劑處理 24 小時後之壽命、生育力及取食刻點數

Table 5. Longevity, fertility, female proportion and feeding stipples of *Liriomyza huidobrensis* adults survived from the insecticide treatment for 24 hours [z]

Insecticides	n	Longevity (d) Female	Longevity (d) Male	Fertility/female No. 3rd instars	Fertility/female No. pupae	Fertility/female No. adults	Female proportion	No. feeding stipples/female
Oxamyl	20	8.7 ± 1.1 Ac [y]	5.1 ± 0.6 Bc	39 ± 7 b	39 ± 7 b	16 ± 3 b	0.48 ± 0.02 a	555 ± 88 b
Abamectin	28	5.7 ± 0.7 Ad	3.6 ± 0.4 Bc	21 ± 6 b	20 ± 6 b	9 ± 3 b	0.39 ± 0.04 b	216 ± 45 c
Cyromazine SL	9	13.1 ± 1.3 Ab	7.7 ± 1.1 Bb	25 ± 8 b	24 ± 8 b	14 ± 5 b	0.57 ± 0.06 a	488 ± 61 bc
Cyromazine WP	13	13.0 ± 1.2 Ab	7.2 ± 1.2 Bb	29 ± 11 b	29 ± 11 b	20 ± 7 b	0.53 ± 0.03 a	570 ± 128 b
CK	8	17.7 ± 2.2 Aa	12.7 ± 0.5 Aa	248 ± 44 a	248 ± 44 a	134 ± 25 a	0.52 ± 0.03 a	3543 ± 466 a

[z] For each replicate, one pair of 3-day-old adults that had survived from the insecticide treatment for 24 hrs was placed in an acrylic cylinder (20 cm diameter × 25 cm height) and kept at 25℃, 65–85% RH and a photoperiod of 14L:10D. One seedling without insecticide treatment was provided daily.

[y] Mean ± standard error. Means within a column (in small letter) and within a row of longevity (in capital letter) followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by LSD test.

後，蜂卵之孵化率均達 97.1–100%，與對照組間無顯著差異。若持續觀察孵化幼蟲之發育，臺潛蠅繭蜂幼蟲至蛹期之存活率均為 0%，與對照組間呈顯著差異 (表 6)。

藥劑對寄生蜂成蜂之影響

帶有斑潛蠅豆苗浸藥後接蜂 24 小時之處理：臺潛蠅繭蜂成蜂經三種供試藥劑與劑型處理 24 小時後，就雌蜂存活率而言，以阿巴汀最毒，歐殺滅次之，各較對照組顯著降低 90.0% 與 21.4%，而二種劑型之賽滅淨則無毒，與對照組間無顯著差異；雄蜂存活率方面，僅阿巴汀具毒害，較對照組顯著降低 46.7%，其餘各藥劑與對照組間無顯著差異。致死寄主率方面，三種供試藥劑分別與臺潛蠅繭蜂併用，各處理組之致死寄主率均達 100%，處理間無顯著差異，但均較單用臺潛蠅繭蜂對照組顯著增加 35.2% (表 7)。生殖力方面，阿巴汀與歐殺滅均顯著較對照組各減少 86.2% 與 67.7% 產卵數及 100% 子代成蜂數，二藥劑處理間均無顯著差異，而二種劑型之賽

表 6. 臺潛蠅繭蜂卵經不同藥劑處理後對卵、幼蟲至蛹及卵至蛹期存活率之影響

Table 6. Effect of treatment of eggs of *Opius caricivorae* with various insecticides on survival of egg, larval to pupal, and egg to pupal stages [z]

		Survival (%) of the stages of *Opius caricivorae*		
Insecticides	*n*	Egg	Larva to pupa	Egg to pupa
Oxamyl	4	100.0 ± 0.0 a [y]	0.0 ± 0.0 b	0.0 ± 0.0 b
Abamectin	4	97.1 ± 3.0 a	0.0 ± 0.0 b	0.0 ± 0.0 b
Cyromazine SL	4	100.0 ± 0.0 a	0.0 ± 0.0 b	0.0 ± 0.0 b
Cyromazine WP	4	100.0 ± 0.0 a	0.0 ± 0.0 b	0.0 ± 0.0 b
CK	5	100.0 ± 0.0 a	92.2 ± 2.1 a	92.2 ± 2.1 a

[z] One seedling of field bean infested with 30–63 wasp eggs was dipped in an insecticide solution for 1 min. For untreated control, one seedling infested with 30–63 wasp eggs was dipped in distilled water. At 30 min after treatment, one seedling was placed in an individual acrylic cylinder (20 cm diameter × 25 cm height) and kept at 25℃, 65–85% RH and a photoperiod of 14L:10D.

[y] Mean ± standard error. Means within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by LSD test. Data were transformed to arcsin-square-root prior to ANOVA.

表 7. 臺潛蠅繭蜂成蟲經不同藥劑處理 24 小時內之存活率、致死寄主率及子代數

Table 7. Survival, host killing and progeny of *Opius caricivorae* adults treated with various insecticides for 24 hours [z]

	Survival of adult wasp (%)			Progeny of wasp/10 females		
Treatment	Female	Male	Host killed (%)/ 10 females	No. eggs	No. adults	Female proportion
Oxamyl + wasp	78.6 ± 6.7 Bb [y]	95.7 ± 4.3 Aa	100.0 ± 0.0 a	42 ± 7 b	0 ± 0 b	–
Abamectin + wasp	10.0 ± 3.2 Bc	53.3 ± 6.7 Ab	100.0 ± 0.0 a	18 ± 2 b	0 ± 0 b	–
Cyromazine SL+ wasp	100.0 ± 0.0 Aa	100.0 ± 0.0 Aa	100.0 ± 0.0 a	113 ± 10 a	0 ± 0 b	–
Cyromazine WP + wasp	100.0 ± 0.0 Aa	100.0 ± 0.0 Aa	100.0 ± 0.0 a	134 ± 25 a	0 ± 0 b	–
Water + wasp	100.0 ± 0.0 Aa	100.0 ± 0.0 Aa	64.8 ± 7.7 b	130 ± 15 a	118 ± 12 a	0.70 ± 0.02

[z] One seedling of field bean infested with 40–50 third-instars of *Liriomyza huidobrensis* was dipped in an insecticide solution for 1 min. For untreated control, one seedling infested with 40–50 third-instars of *L. huidobrensis* was dipped in distilled water. At 30 min after treatment, 4–5 seedlings (200 larvae) were placed in an acrylic cylinder (20 cm diameter × 25 cm height). Ten pairs of 2-day-old adult wasps were released into each cylinder. All the treatments were kept at 25℃, 65–85% RH and a photoperiod of 14L:10D.

[y] Mean ± standard error (*n* = 4). Means within a column (in small letter) and within a row of survival rate (in capital letter) followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by LSD test. Percent survival of adult and host killed rate were transformed to arcsin-square-root prior to ANOVA.

滅淨雖不減少臺潛蠅繭蜂子代卵數，但 100% 減少臺潛蠅繭蜂子代成蜂數 (表 7)。

成蜂接觸藥劑 24 小時後存活個體之後續觀察：供試藥劑中僅阿巴汀對臺潛蠅繭蜂雌蜂壽命、雄蜂壽命及生育力有顯著影響，各較對照組減少 80.7、59.0 及 100%；至於歐殺滅與二種劑型之賽滅淨，無論對臺潛蠅繭蜂之壽命、生育力及子代雌性比均無毒害，與對照組間均無顯著差異 (表 8)。

討　論

歐殺滅與阿巴汀因分屬胺基甲酸鹽類 (carbamate) 與土壤微生物代謝產物 (avermectin) 類型之藥劑，二者對昆蟲主要分別作用在乙醯膽鹼酯酶 (acetylcholinesterase) 與 GABA receptor 上，具胃毒、接觸毒及神經毒，對蔬菜斑潛蠅兼具 100% 殺卵與幼蟲效果 (Chien & Chang 2010)；而賽滅淨為昆蟲生長調節劑 (insect growth regulator)，會干擾幼蟲之蛻皮與化蛹 (Bel *et al.* 2000; Kamaruzzaman *et al.* 2006)，因而對蔬菜斑潛蠅無殺卵效果 (Chien & Chang 2010)。本試驗雖亦顯示歐殺滅與阿巴汀對南美斑潛蠅兼具 100% 殺卵與幼蟲效果，但二種劑型 (溶液與可濕性粉劑) 之賽滅淨除對南美斑潛蠅幼蟲之死亡率高達 100% 外，亦對該卵之致死率達 23.7–25.7%。其間賽滅淨對蔬菜斑潛蠅與南美斑潛蠅二種不同蠅卵致死率之差異，未明。另外歐殺滅、阿巴汀及賽滅淨等藥劑因其滲透性強，植保手冊 (Anonymous 2010) 在推薦施用時未建議添加展著劑，因而本試驗均未使用展著劑。

綜合三種供試藥劑對南美斑潛蠅各蟲期之防治程度中，歐殺滅與阿巴汀均以卵與幼蟲期最高，防治率高達 100%，其次者為成蟲期；而賽滅淨二種劑型間 (溶液與可濕性粉劑) 對南美斑潛蠅之防治程度並無顯著差異，均以幼蟲期最高，防治率高達 100%，成蟲期次之，卵期最差。He *et al.* (2006) 亦證實阿巴汀與賽滅淨對南美斑潛蠅第二齡幼蟲之毒力較高，對成蠅毒力較低。

Robb & Parrella (1984)、Chien *et al.* (2007a) 及 Chien & Chang (2011) 曾測試昆蟲生長調節劑施用在非洲菊斑潛蠅與蔬菜斑潛蠅幼蟲或成蠅後，確對其成蠅之生育力具亞致死之影響 (sublethal effect)。本試驗則證實歐殺滅與阿巴汀對南美斑潛蠅成蠅具直接致死影響，而賽滅淨二種劑型 (溶液與可濕性粉劑) 則無；但三種藥劑均對成蠅接觸藥劑 24 小時後之壽命、

表 8. 臺潛蠅繭蜂成蟲經不同藥劑處理 24 小時後之壽命、生育力及雌性比

Table 8. Longevity, fertility and female proportion of *Opius caricivorae* survived from the insecticide treatment for 24 hours [z]

Treatment	*n*	Longevity (d) Female	Longevity (d) Male	Fertility/female No. adults	Female proportion
Oxamyl	11	20.1 ± 2.1 Aa [y]	21.2 ± 1.9 Aa	221 ± 17 a	0.62 ± 0.04 a
Abamectin	7	4.9 ± 0.3 Ab	7.7 ± 2.1 Ab	0 ± 0 b	–
Cyromazine SL	10	20.0 ± 1.9 Aa	18.2 ± 2.3 Aa	228 ± 27 a	0.64 ± 0.04 a
Cyromazine WP	10	22.2 ± 3.6 Aa	21.7 ± 2.4 Aa	194 ± 18 a	0.60 ± 0.01 a
CK	12	25.4 ± 2.6 Aa	18.8 ± 1.3 Ba	242 ± 17 a	0.57 ± 0.02 a

[z] For each replicate, one pair of 3-day-old adult wasps that had survived from the insecticide treatment for 24 hrs was placed in an acrylic cylinder (20 cm diameter × 25 cm height) and kept at 25℃, 65–85% RH and a photoperiod of 14L:10D. Third-instar larvae of *Liriomyza huidobrensis* on a bean seedling without insecticide treatment were placed in the acrylic cylinder on daily basis, 30–40 larvae/seedling/day.

[y] Mean ± standard error. Means within a column (in small letter) and within a row of longevity (in capital letter) followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by LSD test.

生育力及取食刻點數等具亞致死影響。臺潛蠅釉蜂方面，本試驗亦證實三種藥劑中僅阿巴汀與歐殺滅各對雌蜂之存活抑制率 (90.0% 與 21.4%) 與產卵量抑制率 (86.2% 與 67.7%)，及阿巴汀對雄蜂之存活抑制率 (46.7%) 具直接影響，而賽滅淨二種劑型則無；同時三種藥劑中僅阿巴汀各對雌與雄蜂之壽命抑制率 (80.7% 與 59.0%) 與生育力抑制率 (100%) 具亞致死影響。另外賽滅淨二種劑型雖不影響臺潛蠅釉蜂在已施藥南美斑潛蠅幼蟲上產卵 (表 7)，三種藥劑與劑型亦不影響該蜂卵之孵化 (表 6)，但終因三種藥劑與劑型對南美斑潛蠅幼蟲均具 100% 致死率，致使凡在已施藥南美斑潛蠅幼蟲上寄生之臺潛蠅釉蜂均無成蜂羽化。

植保手冊 (Anonymous 2010) 中雖列有多種蔬菜作物斑潛蠅類之延伸使用藥劑，但卻未有明確防治南美斑潛蠅之推薦藥劑。本試驗證實歐殺滅、阿巴汀及賽滅淨二種劑型 (溶液與可濕性粉劑) 因對南美斑潛蠅幼蟲具 100% 致死率，且各藥劑間無顯著差異，因而此三種藥劑均可推薦該蠅防治用。但若考慮成蠅之取食刻點與幼蟲食痕對寄主植物苗期之影響，則防治南美斑潛蠅之最佳藥劑為歐殺滅與阿巴汀，其次為賽滅淨。

Poe *et al.* (1978)、Waddill (1978)、Trumble & Toscano (1983) 及 Trumble (1985) 等曾建議當使用一種藥劑防治斑潛蠅前，應先測試該藥劑對其寄生蜂之影響，並據此作為使用該藥劑之參考。在印尼，Prijono *et al.* (2004) 證實賽滅淨對當地寄生蜂–異角釉小蜂 [*Hemiptarsenus varicornis* (Girault)]、*Opius* sp.、*Gronotoma micromorpha* (Perkins)，與源自澳洲之異角釉小蜂與潛蠅姬小蜂 [*Diglyphus isaea* (Walker)] 有保育作用，所以賽滅淨可用於斑潛蠅之防治體系，而阿巴汀與殺蟲雙 (dimehypo) 則需小心施用。Chien *et al.* (2007a, 2007b) 證實在台灣防治非洲菊斑潛蠅之有效藥劑雖有六種，但其中僅賽滅淨與其二種重要寄生蜂-異角釉小蜂與華釉小蜂 [*Neochrysocharis formosa* (Westwood)] 之相容性大。防治蔬菜斑潛蠅之有效藥劑雖亦有三種，但其中僅賽滅淨、歐殺滅與岡崎釉小蜂相容性大，賽滅淨與底比斯釉小蜂間相容性大 (Chien & Chang 2011)。本試驗顯示三種藥劑雖對臺潛蠅釉蜂均具毒害，但相較下與該蜂相容性最大者為賽滅淨，其次者為歐殺滅，最毒者為阿巴汀。所以在台灣，對斑潛蠅本地重要寄生蜂最安全之藥劑為賽滅淨。

本試驗顯示賽滅淨對臺潛蠅釉蜂之卵期與成蜂期雖無影響，但其幼蟲期在已施藥寄主幼蟲上寄生時死亡率達 100%，因此在論及施用賽滅淨對臺潛蠅釉蜂之保育時，除應考慮該蜂寄生與產卵策略外, 該蜂壽命與賽滅淨殘效期之配合更是主要因子。臺潛蠅釉蜂寄生方式屬幼蟲至蛹單員內寄生，產卵方式屬共育寄生 (koinobiont) (Chien & Ku 2001)；雌蜂行單產雄性孤雌生殖，交尾前期短 (僅為 1.1 小時)，交尾與否對雌蜂生育力無影響，雄蜂一生交尾次數多達 8–17 次，但 95.5% 雌蜂一生僅交尾 1 次且其子代雌性比即高達 0.62，產卵策略為應變式產卵 (synovigenic) 型式、雌蜂產卵數、過寄生率及對寄主之利用率均顯著受寄主蔬菜斑潛蠅密度之影響 (Chien & Chang 2012a)；雌蜂可在三種斑潛蠅之不同齡期上產卵，但均顯著偏好產卵於寄主第二與三齡幼蟲 (Chien & Chang 2012b)；因此顯示臺潛蠅釉蜂在與寄主長期共同演化中，已發展出其配合寄主發生之高度適應性。賽滅淨田間不同作物上之施藥方式為每 7 日或每 7–14 日施藥一次 (Anonymous 2010)，由此推估賽滅淨其殘效期為 7–14 日。至於臺潛蠅釉蜂壽命則深受溫度、寄主體液及蜂蜜之影響，在無寄主存在、僅供應蜂蜜時，在 10、15、20 及 25℃下，雌蜂壽命各長達 108.4、100.9、43.0 及 35.9 日，雄蜂壽命各達 66.2、47.7、21.7 及 27.2 日；無寄主存在、

亦不餵食時，雌蜂與雄蜂壽命在 25℃下僅各為 3.7 日與 3.5 日；餵水時各為 8.4 日與 3.9 日 (Chien & Chang 2012c)。因而當田間施用賽滅淨防治南美斑潛蠅時，田間若有蜂蜜供應或蜜源植物時，臺潛蠅繭蜂成蜂壽命即可獲得延長並遠超出賽滅淨之殘效期，以致該蜂有機會獲得良好保育，進而發揮其對南美斑潛蠅之抑制力。

引用文獻 (Literature cited)

Bel, Y., P. Wiesner, and H. Kayser. 2000. Candidate target mechanisms of the growth inhibitor cyromazine: studies of phenylalanine hydroxylase, puparial amino acids, and dihydrofolate reductase in dipteran insects. Arch. Insect Biochem. Physiol. 45:69–78.

Chen, B. and L. Kang. 2002. Analysis of trends of occurrence and geographic variation of pea leafminer *Liriomyza huidobrensis*. Plant Quarantine 16:138–140. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2008. Morphology, life history and life table of *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae). Formosan Entomol. 28: 101–121. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2010. Effect of common insecticides on *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae). Formosan Entomol. 30: 41–50. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2011. Effect of three insecticides on two parasitoids (Hymenoptera: Eulophidae) of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). J. Taiwan Agric. Res. 60:185–196. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2012a. Morphology and life history of *Opius caricivorae* (Hymenoptera: Braconidae). J. Taiwan Agric. Res. 61:144–157. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2012b. Effect of host and instar preference on the development and oviposition of the endoparasitoid *Opius caricivorae* (Hymenoptera: Braconidae). J. Taiwan Agric. Res. 61:165–171. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2012c. Effect of host and temperature on population increase and parasitism of *Opius caricivorae* (Hymenoptera: Braconidae). J. Taiwan Agric. Res. 61:172–185. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Ku. 1996. Morphology, life history and reproductive ability of *Liriomyza trifolii*. Jour. Agric. Res. China 45:69–88. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C. and S. C. Ku. 2001. Instar preference of five species of parasitoids of *Liriomyza trifolii* (Hymenoptera: Eulophidae, Braconidae). Formosan Entomol. 21:89–97. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C., S. C. Ku, and S. C. Chang. 2007a. The effect of common insecticides on *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). Formosan Entomol. 27:195–205. (in Chinese with English abstract)

Chien, C. C., S. C. Ku, and S. C. Chang. 2007b. The effect of common insecticides on two parasitoids (Hymenoptera: Eulophidae) of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). Formosan Entomol. 27:277–292. (in Chinese with English abstract)

He, Y. X., X. J. Yang, M. M. Wang, and Q. Y. Weng. 2006. Toxicity of several insecticides to *Liriomyza huidobrenisis* and its parasitoid, *Opius* sp. Entomol. J. East China 15:59–62.

Jiang, X. L., Y. M. Ding, L. W. Wang, Y. M. Mu, Z. Y. Zhang, Y. P. She, and T. Tao. 1997. The occurrence and control of *Liriomyza huidobrensis* in Yunan Province. Plant Quarantine 11(suppl.): 20–23. (in Chinese)

Kamaruzzaman, A. H. M., A. M. S. Reza, K. A. M. S. H. Mondal, and S. Parween. 2006. Morphological abnormalities in *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Tribolium confusum* Duval due to cyromazine and pirimiphos-methyl treatments alone or in combination. ISJ 3:97–102.

Luo, J. C., Y. Y. Liu, and Y. H. Wei. 2002. Threshold temperature and effective temperature sum of *Liriomyza huidobrensis*. Entomol. Knowledge 39:136–137. (in Chinese with English abstract)

Poe, S. L., P. H. Everett, D. J. Schuster, and C. A. Musgrave. 1978. Insecticidal effects on *Liriomyza sativae* larvae and their parasites on tomato. J. Georgia Entomol. Soc. 13:322–327.

Robb, K. L. and M. P. Parrella. 1984. Sublethal effects

of two insect growth regulators applied to larvae of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). J. Econ. Entomol. 77:1288–1292.

Prijono, D., M. Robinson, A. Rauf, T. Bjorksten, and A. A. Hoffmann. 2004. Toxicity of chemicals commonly used in Indonesian vegetable crops to *Liriomyza huidobrensis* populations and the Indonesian parasitoids *Hemiptarsenus varicornis*, *Opius* sp., and *Gronotoma micromorpha*, as well as the Australian parasitoids *Hemiptarsenus varicornis* and *Diglyphus isaea*. J. Econ. Entomol. 97:1191–1197.

Shiao, S. F. and W. J. Wu. 2000. *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard), a newly invaded insect of economic importance to Taiwan (Diptera: Agromyzidae). Plant Prot. Bull. 42:249–254.

Song, T. J., X. M. Chu, B. C. Song, and Y. S. Chu. 2004. Biological and ecological characters of *Liriomyza huidobrensis* in Yantai district and its control technology. Entomol. J. East China 13: 114–116. (in Chinese)

Trumble, J. T. 1985. Integrated pest management of *Liriomyza sativae*: influence of avermectin, cyromazine and methomyl on leafminer ecology in celery. Agric. Ecosystems Environ. 12:181–188.

Trumble, J. T. and N. C. Toscano. 1983. Impact of methamidophos and methomyl on populations of *Liriomyza* species (Diptera: Agromyzidae) and associated parasites in celery. Can. Entomol. 115:1415–1420.

Waddill, V. H. 1978. Contact toxicity of four synthetic pyrethroids and methomyl to some adult insect parasites. Fla. Entomol. 61:27–30.

Wen, J. Z., Z. R. Lei, and Y. Wang. 1998. Survey of *Liriomyza huidobrensis* in Yumnan and Guizhou provinces. Plant Prot. 24:18–21. (in Chinese)

Wen, J. Z., Z. R. Lei, and Y. Wang. 2002. Opiinae parasitoids of the leafminer *Liriomyza* spp. in China. Entomol. Knowledge 39:14–16.

Zou, L., J. N. Wei, and R. P. Kuang. 1998. Biological characteristics and behavior of adult serpentine leafminer *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard). Zool. Res. 19:384–388. (in Chinese with English abstract)

Effect of Insecticides on Survival and Fertility of *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) and Its Parasitoid, *Opius caricivorae* (Hymenoptera: Braconidae)[1]

Ching-Chin Chien[2,3] and Shu-Chen Chang[2]

Abstract

Chien, C. C. and S. C. Chang. 2012. Effect of insecticides on survival and fertility of *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) and its parasitoid, *Opius caricivorae* (Hymenoptera: Braconidae). J. Taiwan Agric. Res. 61:316–329.

Opius caricivorae Fischer is an important species of native parasitoid of leafminer *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) in Taiwan. In this study, seedlings of field beans (*Phaseolus vulgaris* var. *communis* Aeschers) treated with insecticides (oxamyl SL, abamectin EC, cyromazine SL, or cyromazine WP) were used to determine effect of insecticides on survival and fertility of leafminer (*L. huidobrensis*) and its parasitoid (*O. caricivorae*) at different development stages under laboratory conditions. Results showed that all the insecticides (oxamyl, abamectin, cyromazine SL and cyromazine WP) had significant ($P < 0.05$) lethal effects on *L. huidobrensis* and could be used in the control of leafminer. The highest lethal effect of oxamyl and abamectin was at the egg and larval stages with a survival rate of 0%, and the second most effective period was at the adult stage. When adult flies were treated with either oxamyl or abamectin for 24 hours, the female survival rate, male survival rate, number of eggs and number of feeding stipples decreased by 25.1–27.1, 38.8–40.5, 90.3–98.6 and 94.6–99.2%, respectively. The female longevity, male longevity, adult progeny and number of feeding stipples after treatment for 24 hours also decreased by 50.8–67.8, 59.8–71.7, 88.1–93.3 and 84.3–93.9%, respectively. The highest lethal effect of the two cyromazine formulations was at the larval stage with a survival rate of 0% and the second most effective period was at the adult stage. Treatment of adult flies with each of the two cyromazine formulations for 24 hours resulted in no significant reduction in female survival rate, male survival rate, number of eggs, and feeding stipples. However, both formulations reduced female longevity, male longevity, adult progeny and number of feeding stipples after treatment for 24 hours by 26.0–26.6, 39.4–43.3, 85.1–89.6 and 83.9–86.2%, respectively. The two cyromazine formulations had least effect on the egg stage of *L.*

1. Contribution No. 2711 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: August 31, 2012.
2. Respectively, Former Senior Entomologist and Assistant Entomologist, Applied Zoology Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Corresponding author, e-mail: chien@tari.gov.tw; Fax: (04)23317600.

huidobrensis with 23.7–25.7% reduction of egg hatching rate and larval mortality rate of 45.5–49.8% for the 1st instar and 100% for the 2nd instar. All the insecticides had no lethal effect on the egg stage of the parasitoid *O. caricivora*, but they were lethal on larval to pupal stages of this wasp with a survival rate of 0%. Abamectin was the most toxic insecticide on the wasp among the insecticides tested. When adult wasps were treated with insecticide for 24 hours, the survival rates of female and male decreased 90.0% and 46.7%, respectively, for the treatment of abamectin; the survival rate of female decreased 21.4% for the treatment of oxamyl. The percentage of hosts (*L. huidobrensis*) killed by the combined treatment of insecticide and wasps was 100%, compared to 64.8% killed by the treatment of wasps alone. After the adult wasps were treated with either abamectin or oxamyl, the number of eggs and progeny of adult wasps decreased by 67.7–86.2% and 100%, respectively, compared to the decrease of 0% in number of eggs and 100% of progeny of adult wasps by the treatment of cyromazine. When adult wasps were treated with each of the three insecticides for 24 hours and released on untreated bean seedlings infested with hosts (*L. huidobrensis*) daily, abamectin caused a reduction in longevity of female and male wasps by 80.7% and 59.0%, and fertility of wasps by 100%. However, no effect was observed on longevity, fertility, and female proportion of wasps when oxamyl and two formulations of cyromazie were used. For the direct and sublethal effects of insecticides on *L. huidobrensis* and *O. caricivorae*, cyromazine either in SL (solution liquid) or WP (wettable powder) is highly toxic to leafminer but is least toxic to wasps (*O. caricivorae*) and, therefore, combined application of cyromazine and wasps in the control program of *L. huidobrensis* is commended.

Key words: Leafminer, *Liriomyza huidobrensis*, Parasitoid, *Opius caricivorae*, Insecticide, Development Stages.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 61(4):330–342 (2012)

多醣預處理對冷凝除濕乾燥花椰菜品質之影響[1]

吳宗諺[2,4] 蔡淑珍[2] 黃禮棟[3]

摘　要

吳宗諺、蔡淑珍、黃禮棟。2012。多醣預處理對冷凝除濕乾燥花椰菜品質之影響。台灣農業研究 61:330–342。

本研究利用冷凝除濕乾燥機進行花椰菜 (*Brassica oleracea var. italica*) 乾燥，探討花椰菜經多醣 (5% 麥芽糊精 + 5% 蔗糖、10% 麥芽糊精 + 10% 蔗糖、5% β-環狀糊精 + 5% 蔗糖、10% β-環狀糊精 + 10% 蔗糖) 預處理後，營養成分變化情形和復水後品質的影響。結果顯示，多醣處理會延緩花椰菜組織中水分流失，降低乾燥過程中組織收縮的程度，其中又以 5% 麥芽糊精 + 5% 蔗糖預處理的脫水花椰菜效果最好。雖然多醣預處理能使脫水花椰菜維持較佳的色澤和復水後的品質，不過在預處理過程中卻會造成花椰菜原本養分的流失，包括了蛋白質、粗脂肪和粗纖維含量都流失了約 31–40%，而大部分的巨量和微量礦物質含量則流失了約 35–56%，另外總酚含量和抗氧化能力也減少了約 25–50%。結果中發現當浸泡較高濃度的麥芽糊精、β-環狀糊精會導致礦物質流失的情形較明顯。相同的也降低了總酚含量，和氧自由基吸收能力 (ORAC) 值，較高濃度的多醣浸泡處理會降低脫水花椰菜的抗氧化能力。而經多醣預處理的脫水花椰菜，復水率和質地都比未經多醣處理的對照組好，其中又以 5% 麥芽糊精 + 5% 蔗糖呈現較佳的品質，多醣預處理有助於提升脫水花椰菜復水後之新鮮度和咀嚼性。因此可利用冷凝除濕乾燥技術搭配多醣預處理製作脫水花椰菜，以延長盛產時花椰菜的儲藏時間，降低農民經濟損失。

關鍵詞：脫水花椰菜、冷凝除濕乾燥機、多醣。

前　言

花椰菜 (*Brassica oleracea var. italica*)，屬於十字花科芸薹屬甘藍類的一、二年生作物，英文名為 Cauliflower。花椰菜在台灣屬於冬季大宗蔬菜，2009 年種植面積約為 2976 ha，主要分布於彰化縣、嘉義縣、高雄縣和雲林縣等縣市，其中以彰化埔鹽鄉栽培面積 645 ha 最高 (農糧署農情報告資源網)。花椰菜整年均價以 8–10 月的價格最高，11 月到次年 2 月價格最低，在冬季容易造成產量過盛的問題，經常

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2673 號。接受日期：101 年 10 月 25 日。
2. 本所農業化學組聘用助理研究員、副研究員。台灣 台中市。
3. 本所農業工程組研究員。台灣 台中市。
4. 通訊作者，電子郵件：chung_yen@tari.gov.tw；傳真機：(04)23302805。

會造成價格崩盤。而花椰菜具有豐富營養素，例如維生素 A、C 和 E、葉酸和具有抗氧化和預防癌症的多種植物性化學成分，如類胡蘿蔔素 (Carotenoids)、類黃酮素 (Flavonoids)、硫配醣體 (Glucosinolates)、異硫氰酸鹽 (Isocyathi-onates)、多酚類 (Phenols) 等 (Nestle 1998)。因此當產量過盛的時候，可以利用乾燥技術製成脫水花椰菜，經脫水後的花椰菜具有特殊的風味及香氣，又可保留營養成分，更能延長花椰菜的儲藏時間，減少產量過盛對農民產生經濟的衝擊。

大多數農產品在市場販售是以新鮮樣式來販賣，沒有經過初級或 2 級加工，通常面臨農產品貨架期較短、易腐敗、價格較低，或是市場競爭力較低的情況。乾燥是食品最基本的儲藏方式，它能延長售貨期，減少重量和體積以降低運送成本和減少儲存空間。乾燥水果和脫水蔬菜在食品工業上是一種耗能較高的加工方式，因此如何提高乾燥效率、維持產品品質和減少採收後損失，是乾燥技術研發最重要的部分。蔬果乾燥的方式有日光乾燥 (solar drying)、空氣對流乾燥 (convective air drying)、冷凍乾燥 (freeze drying)、噴霧乾燥 (spray drying)、滲透脫水 (osmotic dehydration)、箱型棚架式和流動層乾燥 (cabinet and bed drying) (Maskan 2000)。一般民眾自製乾燥蔬菜都採用日光乾燥，而熱風乾燥則是大部分小型加工廠常採用的乾燥方式，不過此方式成品所呈現出外觀、色澤和風味會比較差。利用冷凍乾燥所製成的乾燥蔬菜，品質較佳，不過其花費的能源和成本也相對較高，無法符合一般小型加工用。

而蔬果乾燥過程中，會導致蔬果結構、質地和物化性質的改變，而這些改變將直接影響到最終乾燥成品的品質好壞 (Dadali *et al.* 2008)。一般乾燥機主要都是控制熱風溫度，有些則會加裝風速控制器，利用熱空氣對流加快乾燥速率，但是很少有控制乾燥室中濕度變化的乾燥機。如能有效的控制乾燥室裡的溼度，將能縮短乾燥的時程，及提高產品之品質。Chiang (2002) 利用冷凝除濕乾燥機於茶葉乾燥上，結果顯示乾燥品質比連續式自動乾燥機佳，且可縮短乾燥時間的效果。Huang *et al.* (2002) 研究採用冷凝除濕乾燥於蓮花茶上，發現其色澤及感官評價明顯的優於傳統乾燥方法。所以利用冷凝除濕乾燥機於製作乾燥蔬果，具有品質佳和節能的優點。

蔬果乾燥前有時會經過多醣預處理，例如塗覆馬鈴薯澱粉、玉米澱粉、褐藻酸鈉、幾丁質和麥芽糊精等，能控制組織內水分的流失，得到較佳品質 (Khin *et al.* 2006, 2007)，大分子多醣會縮短脫水乾燥的時間，這是因為多醣會減少蔬果組織間的滲透壓梯度，不過有研究也指出多醣預處理會影響到產品的營養成分 (Lazarides & Mavroudis 1996)。

所以本研究將利用冷凝除濕乾燥機進行花椰菜之乾燥，探討花椰菜經多醣預處理後品質變化情形和復水後品質之差異情形，開發最具符合經濟效益及高品質之脫水花椰菜方法，未來將可提供農民作為生產優質脫水花椰菜之另一參考。

材料與方法

樣品製備

本試驗材料選用花椰菜 80 號品種，樣本 3 重複，經不同殺菁時間 (20、40、60、80、100、120、140 秒) 後，測試過氧化酶活性，找出最適殺菁時間。之後，再將殺菁後之花椰菜分別浸泡四種不同溶液，包括 5% 麥芽糊精 + 5% 蔗糖 (處理 1)、10% 麥芽糊精 + 10% 蔗糖 (處理 2)、5% β-環狀糊精 + 5% 蔗糖 (處理 3)、10% β-環狀糊精 + 10% 蔗糖 (處理 4)，浸泡 30 分鐘後瀝乾，接著進入冷凝除濕乾燥機，乾燥條件如下：溫度 30–42℃，風速為

60 m/s，乾燥 24 小時。乾燥後成品存放於 4℃備用。

一般組成分分析

粗蛋白測定：精秤磨粉 0.2 g 的樣品，以 Kjeldahl 法，定出總氮量 (N)，粗蛋白質含量以 N% 乘 6.25 表示之 (Williams 1984)。

粗脂質測定：精秤磨粉樣品 1.0 g，至於圓筒濾紙中，先於烘箱中以 100–105℃，2–3 小時，塞上脫脂棉，利用自動油脂萃取裝置 (Soxtec System HT 1043, Extraction Unit, Tecator Co., DK)，於 95℃油浴下，以乙醚連續萃取 1.5 小時後，取下鋁杯吹乾乙醚，烘箱乾燥直至恆重 (Williams 1984)。

粗纖維測定：精秤磨粉 1.0 g，依 Williams (1984) 方法，利用粗纖維測定裝置 (Tecator, Fibertec System I) 測定。

礦物質含量測定：取 1 g 磨粉樣本置於乾鍋中，添加 5 mL 之 95% 酒精，點火燃燒使其初步碳化，再移至高溫灰化爐中灰化。灰化後之樣品冷卻後，加入 5 mL 之 3 N HCl 於水浴槽加熱 10 分鐘使其溶解，冷卻後以 0.2 N HCl 稀釋至 50 mL，過濾後以感應耦合電漿-原子發射光譜分析儀 (Inductively coupled Plasma-Atomic Emission Spectrophotometer, ICP-AES, Jobin-YvonJY38 Type Ⅲ, France) 測定礦物質元素含量。

游離糖、總醣含量測定：精秤 0.1 g 磨粉樣本，游離糖測定於 85–90℃熱水浴中以 80% 乙醇迴流加熱萃取 30 分鐘，離心取出上清液，重複萃取 4 次，混合全部上清液並以玻璃棉濾紙去除殘渣後，以 80% 乙醇稀釋定量後測定之。總醣則將 0.1 g 乾粉樣品經 0.7 N HCl 隔水加熱迴流水解 2 小時，離心取出上清液，重複萃取 2 次，合併全部上清液並以玻璃棉濾紙去除殘渣後，以去離子水稀釋定量後測定之。游離糖和總醣之樣液以酚-硫酸法測定萃取液之六碳糖含量 (DuBois *et al.* 1956)。

過氧化酵素活性測定 (POD)：取新鮮花椰菜約 60 g，經不同時間殺菁 (沸水) 後，秤取 20 g 殺菁後花椰菜樣本，加入 100 mL 0.1 M 檸檬酸鈉緩衝液 (pH 5.0) 以均質機攪打 2 分鐘後過濾。加入 0.4 mL 3 mM H_2O_2 及 0.4 mL 10 mM *o*-phenylenediamine (OPD)，置於 50℃恆溫水浴 5 分鐘，再加入 25 µL 4N HCl 終止酵素反應，於波長 445 nm 測其吸光值。

方程式：A = εbc。A：吸光值 (OD445)；ε：氧化型 OPD 消光係數 = 11100 $M^{-1}cm^{-1}$；b：氧化型 OPD 濃度 (M)；c：液層厚度 (cm)。

復水品質分析

復水比 (R_f)：$R_f = m_f / m_g$，m_f 為復水後瀝乾重；m_g 為脫水食品乾重。

物性測定

採用物性分析儀 (Stable Micro System, Texture Analyzer, Model TA.XT-Plus, UK) 及截切探頭 (Blade Set, HDP/BSW) 進行截切試驗，以 Warner Bratzler Blade 為截切刀具，截切速率 4.0 mm/秒，截切距離 25 mm。統一以復水後之脫水花椰菜樣品中段為截切點，以最大剪切力代表硬度 (N)、梯度面積代表韌度 (g/秒)、剪切平均力值代表新鮮度 (g) 和剪切平均功代表咀嚼性 (g × 秒)，樣品測定 3 重複，取其平均值。

乾燥花椰菜色澤之測定

將乾燥花椰菜以色差計 (Tokyo Denshoku, color analyzer Tc-1500 Sx-II, Japan) 分別測定 L、a、b 之值，每朵乾燥花椰菜測定 3 點。L 值表示花椰菜乾之明亮度，再以 $\tan^{-1}$ (b/a) 計算出色相角度 (hue angle)，藉此表示脫水花椰菜色相之變化，彩度 (Chroma) 則利用 $(a^2 + b^2)^{1/2}$ 方程式算出 Chroma 值，此數值越高表示色彩越濃。

總酚含量測定

精秤脫水花椰菜粉末 5 g，經熱水萃取 30

分鐘，取濾液 0.5 mL，加入 1 mL Folin-Ciocalteu 試劑震盪混合，靜置 3 分鐘再加入 0.1 mL 10% Na_2CO_3，室溫下靜置 2 小時，以 765 nm 測吸光值。配置不同濃度 gallic acid 製作檢量線，計算總酚含量 (Chung *et al.* 2005)。

Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) 氧自由基吸收能力分析

試驗方法參考 Ou *et al.* (2001)。於 96 孔微量盤中依序加入脫水花椰菜熱水萃取後之濾液 25 µL，Fluorescein 50 µL 及 2,2'-azobis (2-amidino-propane) dihydrochloride (AAPH) 25 µL，抗氧化物標準品 (Trolox 約 0–100 µM) 後震盪 8 秒，反應溫度 37℃。於激發波長和散射波長分別為 485 nm 及 528 nm 下，每隔 2 分鐘記錄螢光強度值。

統計分析

實驗所得之數據以 SAS 統計分析軟體進行變方分析 (analysis of variance, ANOVA)，以最小顯著差異性測驗 (least significant difference test, LSD test)，比較不同處理之樣品平均值間之差異。

結　　果

不同殺菁時間對過氧化酵素 (POD) 活性之影響

生鮮花椰菜的 POD 活性為 11.32 (unit/g) (圖 1)，隨著在沸水下 (98 ± 2℃) 殺菁 40 秒後，活性下降至 1.98 (unit/g)，隨著殺菁時間至 140 秒後，POD 活性降至 0.38 (unit/g)，接近不活化。不過因為隨著殺菁時間的增加，花椰菜的質地軟化情形也會越來越嚴重，當進行乾燥時組織也容易收縮，較無法維持原有的體積。由圖 2 可發現殺菁 40 秒之脫水花椰菜其整體外觀較佳，殺菁 20 秒氧化酶活性仍有 4.58 (unit/g)，外觀褐變較嚴重；而殺菁 60 秒的脫水花椰菜則收縮程度都比殺菁 20、40 秒來的大，因此本試驗的殺菁時間將選擇 40 秒。

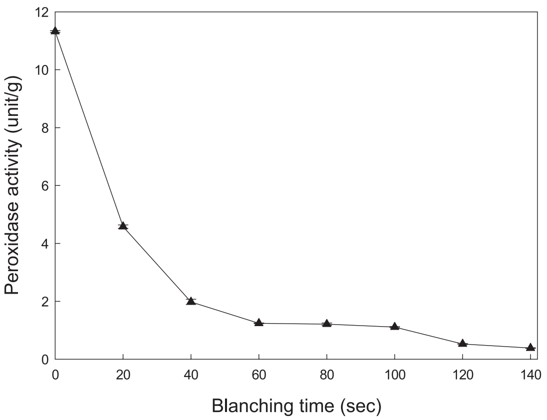

圖 1. 花椰菜之過氧化酶在 98 ± 2℃不同殺菁時間下活性的變化。

Fig. 1. Change in peroxidase (POD) activity of cauliflower during blanching at 98 ± 2℃.

不同預處理對花椰菜乾燥過程水活性變化情形和外觀之影響

花椰菜分別經 5% 麥芽糊精 + 5% 蔗糖 (處理 1)、10% 麥芽糊精 + 10% 蔗糖 (處理 2)、5% β-環狀糊精 + 5% 蔗糖 (處理 3)、10% β-環狀糊精 + 10% 蔗糖 (處理 4)，浸泡 30 分鐘後，進行冷凝除濕乾燥。乾燥過程中水活性變化情形可由圖 3 中發現，未經預處理的對照組其水活性下降的速度較快，組織內水分流失的情形較劇烈，因此其收縮的情形較其他處理明顯 (圖 4)，且花蕾乾燥後較容易因碰撞掉落。處理 1 和 2 之水活性下降的速度較為緩和，且外觀也較對照組完整。而經浸泡 β-環狀糊精之處理 3 和 4，則在乾燥約 6、7 小時時出現水活性些為上升的趨勢，其水分流失受到 β-環狀糊精塗覆於組織上，阻礙了水分移動，且其乾燥後之花椰菜外觀會黏附 β-環狀糊精，雖然也可減緩止乾燥過程中收縮的情形，但整體外觀較麥芽糊精處理的 1、2 差。不過在花蕾部分，由圖 4 中可以發現有預處理的花蕾，經乾燥後可維持較佳的外觀，收縮程度較小，也不易在乾燥過程中脫落。

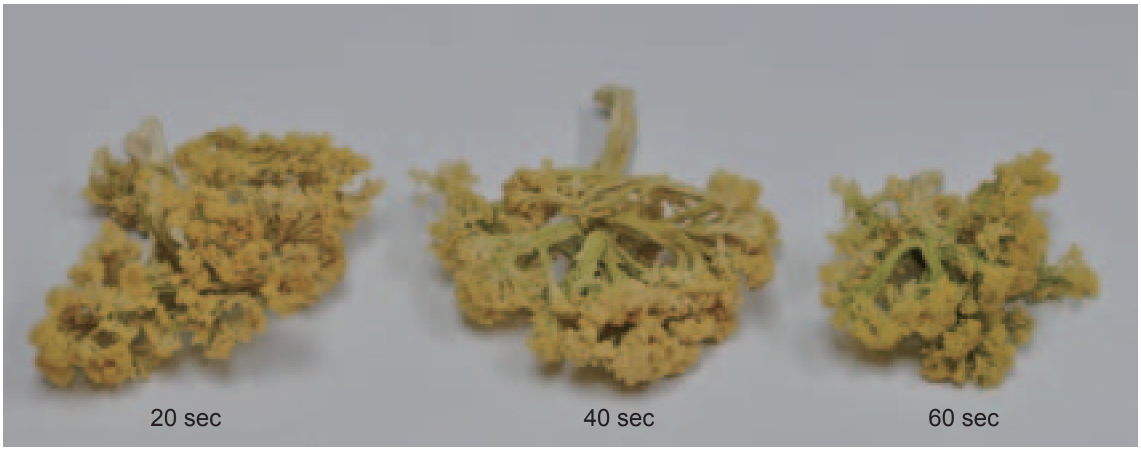

圖 2. 不同時間殺菁處理之脫水花椰菜外觀。
Fig. 2. The appearance of dehydrated cauliflower with different blanching time.

圖 5 是乾燥後花椰菜莖部組織細胞之 SEM 圖，控制組組織細胞收縮情形較經預處理的嚴重，以處理 1 的組織細胞收縮程度較小，能於復水時得到較佳的外觀。而經 β-環狀糊精處理之 3、4，雖然 β-環狀糊精也能維持細胞孔

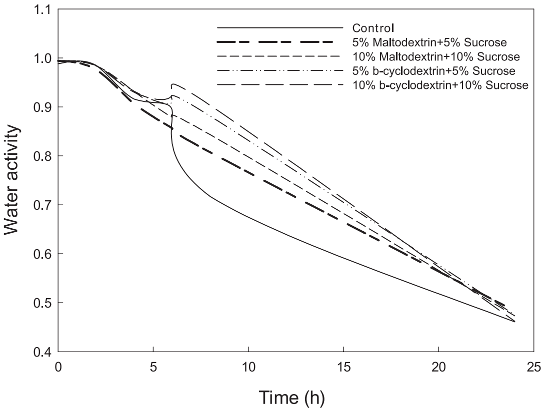

圖 3. 不同預處理之花椰菜在乾燥過程中水活性的變化情形。
Fig. 3. Change in water activity of cauliflower by different pretreatments during the drying process.

隙，但其效果並沒有較麥芽糊精預處理的效果好，且發現細胞孔隙有些會被 β-環狀糊精填滿，可能造成復水時候水分較難進入，因此脫水花椰菜之預處理以處理 1 的效果最好，處理 2 次之。

不同預處理之脫水花椰菜組成分差異

經不同預處理再乾燥後之脫水花椰菜的粗脂肪含量都比對照組低，尤其以 10% β-環狀糊精處理的含量最低，浸泡麥芽糊精處理比 β-環狀糊精之對粗脂肪含量損失較少。而粗纖維和蛋白質一樣經浸泡後皆會流失，且至少流失 15% 以上。另外總醣和游離糖含量則呈現增加趨勢，因為經麥芽糊精、β-環狀糊精、和蔗糖浸泡後會附著於花椰菜上，而導致總醣和游離糖含量上升。

不同預處理對脫水花椰菜之礦物質含量影響

當殺菁後之花椰菜經四種不同浸泡預處理後，由表 2 得知經浸泡處理會導致礦物質流失，在巨量礦物質中，S、P、Ca、K、Mg 流失量約為 35–42%，而 Na 流失量最多，達 56%。另外在微量礦物質 (表 3) 含量，則以 Mn、Zn、B 流失的比較嚴重。結果顯示當浸泡濃度較高的麥芽糊精、β-環狀糊精會導致礦物質流失的情形較明顯。

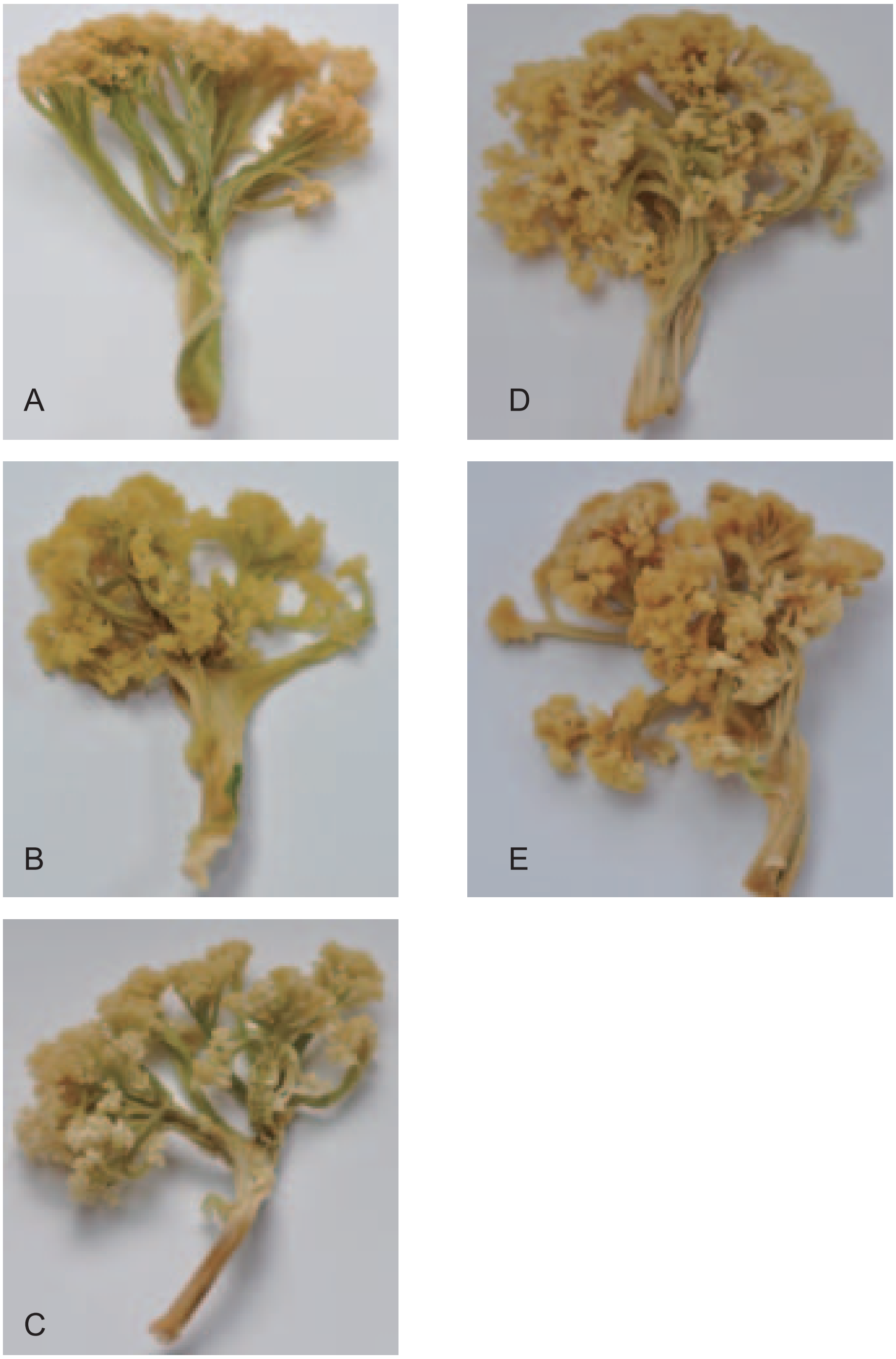

圖 4. 不同預處理之脫水花椰菜外觀。

Fig. 4. The appearance of dehydrated cauliflower by different pretreatments. (A) Control; (B) 10% Maltodextrin + 10% Sucrose; (C) 10% β-Cyclodextrin + 10% Sucrose; (D) 5% Maltodextrin + 5% Sucrose; (E) 5% β-Cyclodextrin + 5% Sucrose.

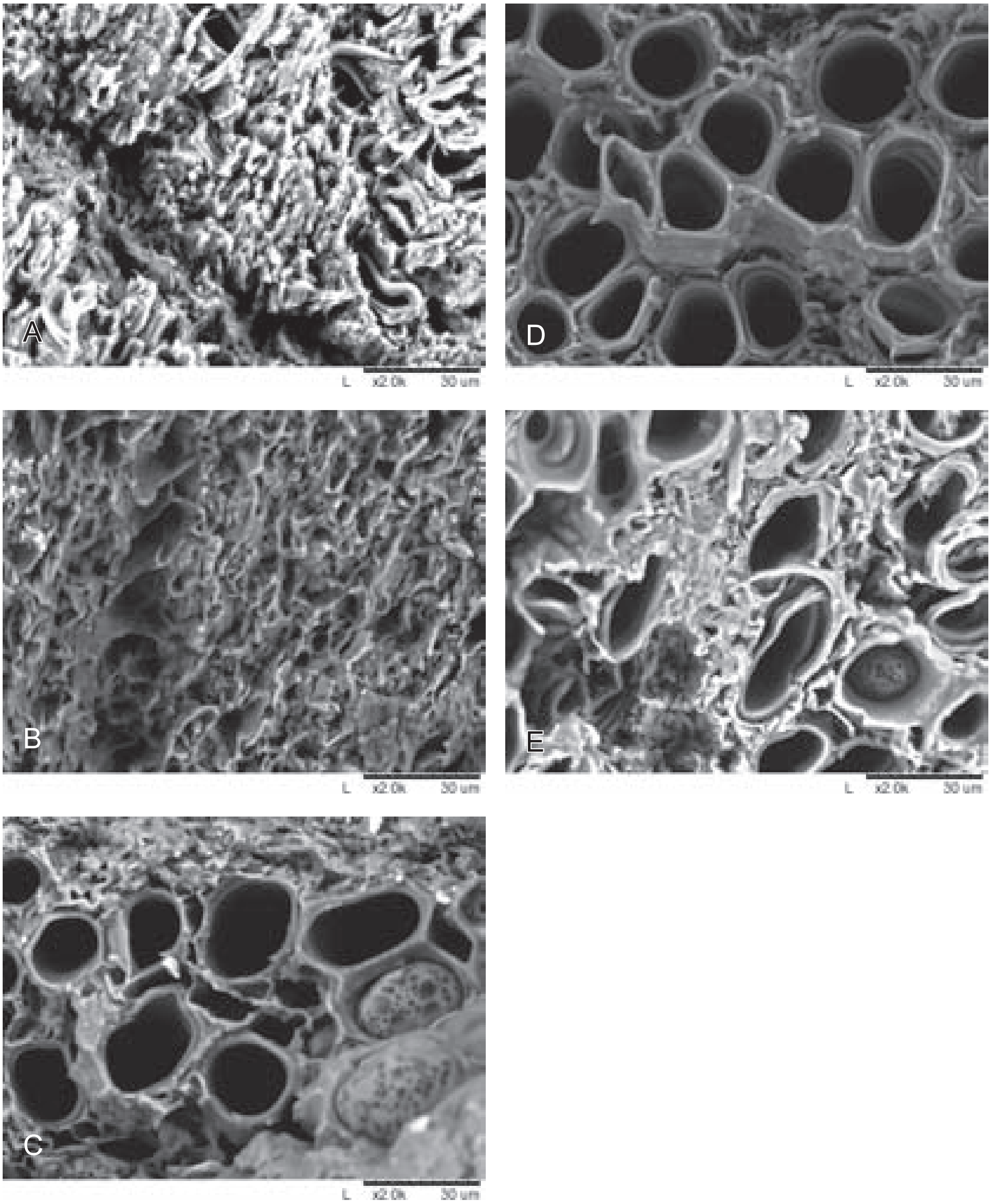

圖 5. 經不同預處理脫水花椰菜之組織 SEM 圖。

Fig. 5. SEM image of dehydrated cauliflower by different pretreatments. (A) Control; (B) 10% Maltodextrin + 10% Sucrose; (C) 10% β-Cyclodextrin + 10% Sucrose; (D) 5% Maltodextrin + 5% Sucrose; (E) 5% β-Cyclodextrin + 5% Sucrose.

不同預處理對脫水花椰菜色澤之影響

觀察不同前處理對脫水花椰菜明亮度 (L) 之變化情形 (表 4)，以處理 1 和 4 方式能維持較佳的亮度，其餘的處理和對照組的並沒有顯著性差異，而 a、b 值在各處理間差異並不大。在色相方面，有經前處理的花椰菜乾其色相顯著高於對照組，色澤偏綠。彩度則沒有顯著性差異，不過經麥芽糊精處理的脫水花椰菜，其彩度較高一點。

不同預處理之脫水花椰菜復水後質地之比較

復水率代表脫水花椰菜在料理過程中回復的情形，由表 5 結果中可以得知以 5% 麥芽糊精 + 5% 蔗糖預處理的復水率 (recovery ratios) 最佳，而經 β-環狀糊精預處理的其復水效果都較差。另外物性測定結果，經預處理後復水後硬度值 (hardness) 都高於對照組，在韌度 (toughness) 上則無顯著差異；新鮮度 (freshness) 則以 5% β-環狀糊精預處理其新鮮度較佳，其次則為 5% 麥芽糊精，濃度較高的麥芽糊精 (10%) 新鮮度則是最差的，因此以 β-環狀糊精和 5% 麥芽糊精預處理花椰菜，有助於提升乾燥復水後之新鮮度。相同的結果呈現在咀嚼性 (chewiness) 上，不過整體看來以 5% 麥芽糊精 + 5% 蔗糖呈現較佳的質地品質。

不同預處理之脫水花椰菜其總多元酚含量和 ORAC 值之比較

從表 6 中可發現總酚含量經過預處理後，總酚含量會流失，且麥芽糊精或環狀糊精濃度高的流失更多，大約損失了 50%。這結果也和抗氧化力 ORAC 值相符，以對照組抗氧化能力最高 (2225.64 ± 57.53 μM Trolox)，5% 麥芽糊精和 5% β-環狀糊精次之，同樣的濃度較高的麥芽糊精和 β-環狀糊精預處理後的脫水花椰菜其抗氧化能力相對於對照組下降約 50%。

討　論

本試驗藉由冷凝除濕乾燥的方式，探討經不同前處理方式對乾燥花椰菜品質之影響，Chiang (2002) 和 Huang *et al.* (2002) 利用冷凝除濕乾燥於蓮花茶和茶葉上，結果顯示其品質及茶水色澤皆顯著優於傳統乾燥方法，且乾燥時間較傳統乾燥短。而本研究利用冷凝除濕乾燥方式乾燥花椰菜只要 24 小時就能將水活性降至 Aw 0.5 以下，傳統花椰菜乾製作方式是利用日光乾燥，則須要較長的時間，且亦受微生物污染，所製成的脫水花椰菜品質較差。因此將冷凝除濕乾燥機應用於蔬果乾燥產業上，可兼顧乾燥蔬果品質又能減少能源的消耗。

通常乾燥之前的預處理會增進乾燥產品的品質和增加乾燥的效率 (Jha & Prasad 1996)，一般採用的前處理包括了殺菁、浸漬和亞硫酸鹽處理。研究指出花椰菜在 0.5% $CaCl_2$ 沸水中殺菁 15 分鐘能避免組織軟化，不過色澤還是會變暗 (Hoogzand & Doesburg 1961)，而其他研究顯示抑制蔬菜中過氧化酶的活性則可以維持較佳的乾燥色澤 (Kadam *et al.* 2006)。但由試驗結果得知，雖然殺菁能降低過氧化酶的活性，減少酵素性褐變的程度，但過度的殺菁則會造成組織過度軟化，及影響乾燥後的外觀。因此如何選擇最適的殺菁時間，是乾燥蔬果的第一關鍵步驟。此外，經過預處理的花椰菜之營養成分會在殺菁和浸泡過程中部分流失，這是因為加熱和浸泡會導致蛋白質變性和脂質皂化，致使營養素溶出 (Alejandro *et al.* 2005)。針對維持脫水花椰菜品質來說，在不流失太多營養成分的前提下是可以接受的。

乾燥蔬果品質的好壞及復水的快慢，是衡量脫水蔬果食品復原性的兩大指標，日本專利 (JP58-40037) 使用多醣溶液預處理磨菇，可使磨菇在短時間內復原，這是由於在乾燥前將多羥基化合物 (如蔗糖、甘油等) 進行預處理於蔬果中，待多羥基化合物滲透進入蔬果組織中，再進行乾燥，如此將使復水後的脫水蔬菜具有良好的組織重建性。Jiang *et al.* (2000) 探

表 1. 不同預處理之脫水花椰菜組成分之比較

Table 1. Camparison of components in dehydrated cauliflower by different pretreatments

Treatment	Crude fat (% wt/wt)	Crude fiber (% wt/wt)	Crude protein (% wt/wt)	Total carbohydrate (% wt/wt)	Free sugar (% wt/wt)
Control	3.0 ± 0.1 a [z, y]	9.3 ± 0.1 a	23.3 ± 0.2 a	23.4 ± 0.3 e	17.6 ± 0.1 e
5% Maltodextrin + 5% Sucrose	2.7 ± 0.1 b	7.4 ± 0.1 c	17.8 ± 0.1 b	48.2 ± 0.3 a	27.0 ± 0.2 c
10% Maltodextrin + 10% Sucrose	2.3 ± 0.0 c	6.8 ± 0.2 d	15.9 ± 0.1 c	34.0 ± 0.2 c	29.5 ± 0.2 a
5% β-Cyclodextrin + 5% Sucrose	2.1 ± 0.0 d	7.9 ± 0.1 b	18.1 ± 0.1 b	31.0 ± 0.1 d	24.0 ± 0.1 d
10% β-Cyclodextrin + 10% Sucrose	1.7 ± 0.0 e	6.4 ± 0.1 e	14.5 ± 0.2 d	36.9 ± 0.1 b	28.5 ± 0.1 b

[z] Data on dry weight basis. Mean ± standard error ($n = 3$).
[y] Means in a column with different letter were significantly different at 5% level by LSD test.

表 2. 不同預處理之脫水花椰菜巨量礦物質含量之比較

Table 2. Contents of macro minerals in dehydrated cauliflower by different pretreatments

Treatment	S (mg/100 g)	P (mg/100 g)	Na (mg/100 g)	K (mg/100 g)	Ca (mg/100 g)	Mg (mg/100 g)
Control	243.1 ± 17.5 a [z, y]	267.8 ± 6.2 a	386.7 ± 10.0 a	2642.6 ± 48.4 a	260.1 ± 6.2 a	158.0 ± 2.8 a
5% Maltodextrin + 5% Sucrose	189.6 ± 4.7 b	201.3 ± 4.3 b	252.0 ± 4.8 b	1932.2 ± 33.2 b	180.3 ± 3.0 c	123.1 ± 1.6 b
10% Maltodextrin + 10% Sucrose	158.7 ± 2.5 c	170.6 ± 1.3 cd	215.0 ± 8.8 c	1517.6 ± 15.4 d	174.9 ± 1.8 c	103.1 ± 1.0 c
5% β-Cyclodextrin + 5% Sucrose	168.8 ± 7.6 bc	181.6 ± 3.6 c	179.3 ± 6.9 d	1868.3 ± 38.8 b	203.0 ± 3.8 b	120.9 ± 1.8 b
10% β-Cyclodextrin + 10% Sucrose	159.0 ± 8.7 c	163.0 ± 2.7 d	169.6 ± 5.6 d	1655.1 ± 48.1 c	170.8 ± 2.9 c	103.0 ± 0.8 c

[z] Data on dry weight basis. Mean ± standard error ($n = 3$).
[y] Means in a column with different letter were significantly different at 5% level by LSD test.

表 3. 不同預處理之脫水花椰菜微量礦物質含量

Table 3. Contents of trace minerals in dehydrated cauliflower by different pretreatments

Treatment	Fe (mg/100 g)	Mn (mg/100 g)	Cu (mg/100 g)	Zn (mg/100 g)	B (mg/100 g)
Control	6.2 ± 0.8 a [z, y]	2.6 ± 0.0 a	0.3 ± 0.0 ab	3.8 ± 0.0 a	2.0 ± 0.0 a
5% Maltodextrin + 5% Sucrose	5.3 ± 0.1 ab	2.0 ± 0.0 b	0.3 ± 0.0 ab	2.5 ± 0.1 b	1.7 ± 0.0 b
10% Maltodextrin + 10% Sucrose	4.5 ± 0.0 b	1.5 ± 0.0 c	0.3 ± 0.0 bc	2.2 ± 0.1 bc	1.5 ± 0.1 c
5% β-Cyclodextrin + 5% Sucrose	6.5 ± 0.1 a	1.3 ± 0.0 d	0.3 ± 0.0 a	2.5 ± 0.1 b	1.7 ± 0.0 bc
10% β-Cyclodextrin + 10% Sucrose	4.7 ± 0.1 b	1.6 ± 0.0 c	0.3 ± 0.0 c	2.2 ± 0.1 c	1.3 ± 0.0 d

[z] Data on dry weight basis. Mean ± standard error ($n = 3$).
[y] Means in a column with different letter were significantly different at 5% level by LSD test.

表 4. 不同預處理對脫水花椰菜色澤之影響

Table 4. Changes in color of dehydrated cauliflower by different pretreatments

Treatment	L value [z]	a	b	Hue angle (H^0)	Chroma
Control	36.5 ± 2.9 c [y, x]	4.3 ± 1.0 a	16.9 ± 1.0 bc	75.6 ± 3.1 b	17.5 ± 0.9 ab
5% Maltodextrin + 5% Sucrose	42.0 ± 3.7 ab	3.4 ± 0.6 ab	18.3 ± 1.2 ab	79.5 ± 1.8 a	18.7 ± 1.2 a
10% Maltodextrin + 10% Sucrose	40.0 ± 3.7 bc	3.4 ± 1.0 ab	18.8 ± 1.2 a	80.3 ± 2.8 a	19.2 ± 1.3 a
5% β-Cyclodextrin + 5% Sucrose	40.0 ± 4.3 bc	2.6 ± 1.4 b	16.0 ± 1.5 c	80.8 ± 4.30 a	16.4 ± 1.6 b
10% β-Cyclodextrin + 10% Sucrose	44.9 ± 3.6 a	2.8 ± 0.8 b	17.3 ± 1.4 abc	80.9 ± 2.3 a	17.6 ± 1.5 ab

[z] L value: the lightness indicates how light or dark a color is. a: describes the red/green dimension of a color. b: describes the yellow/blue dimension of a color. Hue angle (H^0): the hue angle refers to the name of the color and identifies its position on the color wheel. Chroma: Chroma describes the color saturation; how strong or weak a color is.
[y] Data on dry weight basis. Mean ± standard error (n = 3).
[x] Means in a column with different letter were significantly different at 5% level by LSD test.

表 5. 不同預處理之脫水花椰菜復水後質地之比較

Table 5. Changes in textures of rehydrated cauliflower by different pretreatments

Treatment	Recovery ratios [z] (%)	Hardness (N)	Toughness (g/sec)	Freshness (g)	Chewiness (g・sec)
Control	6.3 ± 0.3 b [y]	13.6 ± 1.6 b	360.6 ± 101.0 a	713.5 ± 180.8 bc	3030.1 ± 602.9 b
5% Maltodextrin + 5% Sucrose	7.1 ± 0.1 a	22.7 ± 5.0 ab	350.0 ± 49.9 a	1557.1 ± 466.0 ab	3742.9 ± 295.9 ab
10% Maltodextrin + 10% Sucrose	5.4 ± 0.0 d	15.2 ± 0.8 b	289.7 ± 52.5 a	446.3 ± 33.4 c	1644.5 ± 179.0 c
5% β-Cyclodextrin + 5% Sucrose	5.9 ± 0.1 bc	25.8 ± 3.4 a	301.6 ± 21.4 a	2007.7 ± 215.2 a	5945.0 ± 558.9 a
10% β-Cyclodextrin + 10% Sucrose	5.4 ± 0.1 cd	21.9 ± 3.0 ab	245.6 ± 68.9 a	1442.1 ± 320.3 ab	3919.2 ± 1620.3 ab

[z] Data presented were means ± standard error (n = 3).
[y] Means in a column with different letter were significantly different at 5% level by LSD test.

表 6. 不同預處理之脫水花椰菜其總多元酚含量和 ORAC 值之比較

Table 6. Total phenolic content and antioxidant ability of dehydrated cauliflower by different pretreatment

Treatment	Total phenolic (mg/g)	Trolox (μM)
Control	2.65 ± 0.0 a [z,y]	2225.64 ± 33.2 a
5% Maltodextrin + 5% Sucrose	1.37 ± 0.0 b	1557.68 ± 26.6 c
10% Maltodextrin + 10% Sucrose	1.23 ± 0.0 c	1349.64 ± 7.4 d
5% β-Cyclodextrin + 5% Sucrose	1.37 ± 0.0 b	1651.72 ± 21.1 b
10% β-Cyclodextrin + 10% Sucrose	1.24 ± 0.0 c	1159.57 ± 9.5 e

[z] Data presented were means ± standard deviation (n=3).
[y] Means in a column with different small letters were significantly different (p < 0.05).

討 β-環狀糊精應用於製作脫水蔬菜，結果呈現以 β-環狀糊精、蔗糖、食鹽混合液預處理蔬菜，其乾燥後品質具有含水量高、復水性佳、口感脆嫩的優點。當 β-環狀糊精溶液濃度超過 20% 時易析出結晶，造成乾燥後外觀不佳。而本研究結果卻發現使用 5% β-環狀糊精於花椰菜乾燥前之預處理，會造成結晶的析出，因此選擇 β-環狀糊精應用於花椰菜乾燥前的預處理，會導致產品外觀不佳，且復水率低於麥芽糊精處理組和對照組。Wang *et al.* (2004) 則使用麥芽糊精於番茄復水中，研究結果顯示以 15% 麥芽糊精濃度較佳，且加入糖、鹽的混合液可提高預處理滲透壓及脫水番茄的含水率，經麥芽糊精預處理有助於改善其嫩度，和本試

驗結果相符。實驗證實經 5% 麥芽糊精預處理可得到外觀較佳的脫水花椰菜，且在復水後均有較佳的硬度和新鮮度，也有不錯的咬感。雖然 β-環狀糊精預處理後的花椰菜，在物性上也顯現出對提升復水後花椰菜質地有幫助，不過當使用 5、10% 的 β-環狀糊精則在花椰菜表面出現白色結晶粉末的現象，會造成脫水花椰菜成品外觀不佳，因此花椰菜乾燥前的預處理建議不選用 β-環狀糊精。

經預處理的脫水花椰菜的抗氧化能力也會稍微下降，由於總多元酚是屬於水溶性，在浸泡過程中會造成流失，致使花椰菜的 ORAC 值也呈現降低的趨勢。因此乾燥前的預處理最重要的是殺菁和浸泡時間的選擇，主要是因殺菁時間太短無法有效抑制過氧化酶的活性，若浸泡和殺菁時間太長則造成營養成分的流失和質地過度軟化。

冷凝除濕乾燥能有效的節省乾燥的時程，再搭配 5% 麥芽糊精 + 5% 蔗糖不會造成花椰菜細胞水分快速流失，能有效控制細胞組織質地皺縮的情形，提升脫水花椰菜及復水後整體的品質。對於面臨花椰菜盛產時期造成價格崩盤時，本加工方式能提供花椰菜加工處理的另一選擇，未來亦可評估利用於其他水果乾燥的可行性，且復水後是否能保持原來口感，這將是解決盛產時期蔬果及延長售架期的方法之一。

引用文獻 (Literature cited)

Alejandro, A. S., F. H. Emmanuel, T. Juscelino, G. S. Franciso, and G. M. Felipe. 2005. Resistant starch-rich powders prepared by autoclaving of native and lintnerized banana starch- partial characterization. Starch/Stärke. 57:405–412.

Chiang, Y. T. 2002. A Study on the Applying of Low Humidity Dryers for Tea Making. Master Thesis, Department of Agricultural Machinery Engineering, National Chung Hsing University. Taichung. 127 pp. (in Chinese with English abstract)

Chung, Y. C., S. J. Chen, C. K. Hsu, C. T. Chang, and S. T. Chou. 2005. Studies on the antioxidative activity of *Graptopetalum paraguayense* E. Walther. Food Chem. 91:419–424.

Dadali, G., E. Demirhan, and B. Özbek. 2008. Effect of drying conditions on rehydration kinetics of microwave dried spinach. Food Bioprod Process. 86:235–241.

DuBois, M., K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers, and F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem. 28:350–356.

Hoogzand, C. and J. J. Doesburg. 1961. Effect of blanching on texture and pectin of canned cauliflower. Food Technol. 15:160.

Huang, R. C., J. C. Peng, K. H. Chang, Y. X. Wu, and J. J. Huang. 2002. The effects of different drying methods on lotus flowers drying characteristics and sensory evaluation. J. Agric. and For. 51:67–81. (in Chinese with English abstract)

Jha, S. N. and S. Prasad. 1996. Determination of processing conditions for Gorgon Nut (Euryale ferox). J. Agric. Eng. Res. 63:103–111.

Jiang, C. H., L. L. Wang, Z. H. Liang, Y. B. Li, and L. I. Zhu. 2000. Study on application of β-cyclodextrin in dehydrated vegetables. Food Sci. Technol. 2:38–40. (in Chinese with English abstract)

Kadam, D. M., D. V. K. Samuel, and R. Parsad. 2006. Optimisation of pre-treatments of solar dehydrated cauliflower. J. Food Eng. 77:659–664.

Khin, M. M., W. Zhou, and C. O. Perera. 2006. A study of the mass transfer in osmotic dehydration of coated potato cubes. J. Food Eng. 77:84–95.

Khin, M. M., W. Zhou, and C. O. Perera. 2007. Impact of process conditions and coatings on the dehydration efficiency and cellular structure of apple tissue during osmotic dehydration. J. Food Eng. 79:817–827.

Lazarides, H. N. and N. E. Mavroudis. 1996. Kinetics of osmotic dehydration of a highly shrinking vegetable tissue in a salt-free mediu. J. Food Eng. 30:61–74.

Maskan, M. 2000. Microwave/air and microwave finish drying if banana. J. Food Eng. 44:71–78.

Nestle, M. 1998. Broccoli sprouts in cancer prevention. Nutr. Rev. 56:127–130.

Ou, B., M. Hampsch-Woodill, and R. L. Prior. 2001. Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent as probe. J. Agric. Food Chem. 49:4619–4626.

Wang, H., W. T. Xue, and S. J. Li. 2004. Study on application of rehydrated tomatoes in Shinjang. Sci. Technol. Food Ind. 4:84–85. (in Chinese with English abstract)

Williams, S. 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 14th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington. 1141 pp.

The Effects of Polysaccharide Pretreatments on the Qualities of Condensation Dehumidification Drying Cauliflower[1]

Tsung-Yen Wu[2,4], Shwu-Jene Tsai[2], and Li-Duhng Huang[3]

Abstract

Wu, T. Y., S. J. Tsai, and L. D. Huang. 2012. The effects of polysaccharide pretreatments on the qualities of condensation dehumidification drying cauliflower. J. Taiwan Agric. Res. 61:330–342.

This experiment was to evaluate the effect of polysaccharide on the qualities of cauliflower during dehydration. Cauliflower were pretreated with a mixture of polysaccharide (maltdextrin or β-cyclodextrin, 5 or 10%) and sucrose (5 or 10%), and then dehyrated using a dryer with condensation dehumidification. The nutritional compositions and antioxidant activity of dry products as well as the quality characteristics after rehydration were determined. The pretreatment of polysaccharides prevented rapid water loss and shrinkage from drying resulting in a better color performance for dry products. However, the immersion in polysaccharide solution also resulted in a higher nutrient losses of dry cauliflower than those of untreated ones, such as 31–40% losses in protein, crude fat and crude fiber, 35–56% losses in most of macro and trace elements, and 25–50% reduction in total phenolics and antioxidant activity (ORAC). The higher the concentrate of maltdextrin and β-cyclodextrin, the more the losses of element contents, total phenolics and antioxidant activity in dry cauliflower. When evaluating the characteristics of rehydrated products, cauliflower pretreated with polysaccharide possessed better rehydration ratio and texture (freshness and chewing) after rehydration than control. Overall, pretreatment with 5% maltdextrin and 5% sucrose was suggested for dehydration of cauliflower since it performed the best qualities of dry and rehydrated products. Conclusively, the condensation dehumidification drying technology combining with pretreatment of polysaccharide could be successfully applied in the production of dehydrated cauliflower.

Key words: Dehydrated cauliflower, Condensation dehumidification dryer, Polysaccharide.

---

1. Contribution No. 2673 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: October 25, 2012.
2. Respectively, Assistant Researcher and Associate Researcher, Agriculture Chemistry Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Researcher, Agricultural Engineering Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Corresponding author, e-mail: chung_yen@tari.gov.tw; Fax: (04)23302805.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 61(4):343–354 (2012)

嗜菊短頭脊沫蟬 [*Poophilus costalis* (Walker, 1851)] (半翅目：沫蟬總科：尖胸沫蟬科) 之形態、取食及發育

張淑貞[2] 石憲宗[2] 路光暉[3,4,5]

摘　　要

張淑貞、石憲宗、路光暉。2012。嗜菊短頭脊沫蟬 [*Poophilus costalis* (Walker, 1851)] (半翅目：沫蟬總科：尖胸沫蟬科) 之形態、取食及發育。台灣農業研究 61:343–354。

嗜菊短頭脊沫蟬 [*Poophilus costalis* (Walker, 1851)] 以刺吸植物木質部汁液為生，寄主廣泛。本研究以竹仔菜 (*Commelina diffusa* Burm. f.) 飼育此沫蟬，觀察其外部形態及發育。其第 1 齡至第 5 齡若蟲之平均頭寬依序為 0.53、0.73、1.10、1.64 及 2.43 mm，平均體長為 1.66、1.94、2.67、4.08 及 6.02 mm。在 25℃定溫下，第 2 齡至第 5 齡若蟲之平均發育日數分別為 4.0、4.0、4.8 及 8.9 日。此沫蟬取食時以口針鞘抵在植物表面，再伸出其內之口針束刺穿植物表皮取食，口針鞘及口針束長度分別為 1.64 mm 及 1.48 mm。另以大花咸豐草 (*Bidens pilosa* L. var. *radiata* Sch.) 瓶插於 Brilliant Blue FCF 染液內，供第 5 齡若蟲吸食汁液，在其連續刺吸 14.0 分鐘後，可見排出之泡沫液變藍；解剖後可見其食道、濾室、中腸及後腸皆已呈藍色，然其 4 條馬氏管則未變色，證實食物液流不會直接進入馬氏管。中腸後段由濾室後端進入、往前迴旋整齊排列，最後再沿著濾室在馬氏管進入濾室處上方穿出濾室。嗜菊短頭脊沫蟬因寄主廣泛，深具傳播植物病害潛力，本研究結果將可供後續相關研究之參考。

關鍵詞：嗜菊短頭脊沫蟬、沫蟬、取食木質部昆蟲、形態、發育期。

前　　言

嗜菊短頭脊沫蟬 [*Poophilus costalis* (Walker, 1851)] 屬於半翅目 (Hemiptera) 沫蟬總科 (Cercopoidea)、尖胸沫蟬科 (Aphrophoridae) 之短頭脊沫蟬屬 (*Poophilus*)，其若蟲具有產生泡沫液包覆全身之行為。此沫蟬廣泛分布於非洲及亞洲地區，台灣地區除澎湖外，皆有採集紀錄 (Ajayi & Oboite 2000; Shih & Yang 2002; Shih *et al.* 2005)。其寄主植物廣泛，橫跨單子葉植物及雙子葉植物，已知有 10 科 31 屬 37

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第 2675 號。接受日期：101 年 11 月 14 日。
2. 本所應用動物組助理研究員及副研究員。台灣 台中市。
3. 國立中興大學昆蟲學系教授。台灣 台中市。
4. 國立中興大學農業生物科技中心教授。台灣 台中市。
5. 通訊作者，電子郵件：khlu@dragon.nchu.edu.tw；傳真機：(04)22875024。

種，包括經濟作物如水稻、高粱、甘蔗、甘薯等 (Shih *et al.* 2005)。嗜菊短頭脊沫蟬在中國大陸又稱為禾沫蟬，嚴重危害福建沿海的木麻黃防風林，尤其是 3 年生以下之木麻黃，嚴重時每株木麻黃上可見上千隻沫蟬 (Huang 1996)。另其在印度喜馬拉雅山地區的薰衣草種植區則會造成薰衣草 30% 的受害率 (Saini *et al.* 2011)。

沫蟬取食植物木質部汁液，目前已證實有 4 種沫蟬會傳播葡萄皮爾斯病 (Pierce's disease) (Severin 1950)，1 種沫蟬會傳播杏仁葉枯病 (almond leaf scorch) (Purcell 1980)。引發這兩種病害之病原菌為生存於木質部之 *Xyllela fastidiosa*，此病原菌除引發上述葡萄及杏仁病害外，尚會引發桃樹矮化病 (phony peach disease) 及柑桔斑駁黃化病 (citrus variegated chlorosis) (Redak *et al.* 2004)。因此類病原菌寄主橫跨多種植物，再加上沫蟬之寄主植物亦廣泛，更增添沫蟬傳播病害之潛力。嗜菊短頭脊沫蟬目前尚未有相關傳病紀錄，但因其寄主植物廣泛，具有相當傳病潛力。加以在田間複雜環境下，並未見沫蟬泡沫有黴病現象，且 Maksyutova *et al.* (1999) 已證實沫蟬 *Aphrophora costalis* Matsumura 若蟲的泡沫狀分泌物中含有幾丁質酶 (chitinase) 及蛋白質酶 (protease)，具有抑制真菌生長之潛力。為更進一步進行嗜菊短頭脊沫蟬傳病潛力評估，及其泡沫狀分泌物之抑菌效益研究，本研究擬先建立其若蟲與成蟲的外部形態與發育期資料，以提供本種沫蟬鑑定及各蟲期區分所需，並記錄其取食及排泡沫液行為以供後續研究之基礎。

材料與方法

供試蟲源

由於嗜菊短頭脊沫蟬目前尚無法於實驗室中完成繼代繁殖，故本研究所需蟲源皆為 2012 年 2–5 月採自屏東縣長治鄉及麟洛鄉的竹仔菜 (*Commelina diffusa* Burm. f.)、大花咸豐草 (*Bidens pilosa* L. var. *radiata* Sch.) 及銀膠菊 (*Parthenium hysterophorus* L.) 上。採得之沫蟬皆先飼養在室內插於水瓶中已發根之竹仔菜上，供下列試驗所需。

寄主植物之栽培

在溫室種植竹仔菜及大花咸豐草，每週施用一次複合肥料必達 (20N-20P-20K) (Scotts, OH, USA)。待竹仔菜生長至 20–30 cm 長，剪取末端 20 cm 攜回實驗室後插於水瓶中，待 7 天發根後，單株分置於直徑 3 cm、高 6 cm，含複合肥料必達之水瓶內，即可供飼育沫蟬若蟲，做為沫蟬外部形態觀察及發育期試驗用。

另剪取長度約 30 cm 之大花咸豐草，洗淨後放入濃度為 1 g/L 之藍色染液 (藍色 1 號，Brilliant Blue FCF) (食用級，Osaka，Japan) 中隔夜後，供沫蟬第 5 齡中期若蟲 (蛻皮後 4 日) 取食，作為沫蟬取食行為及內部組織觀察用。

竹仔菜與大花咸豐草均為嗜菊短頭脊沫蟬偏好之寄主植物 (Shih *et al.* 2005)，其中竹仔菜較易栽培，故以此飼育沫蟬若蟲；大花咸豐草則因對染液之吸收較快速，故以此作為沫蟬取食行為及內部組織觀察時所需之寄主植物。

外部形態觀察

將沫蟬若蟲置於室溫約 25℃，單隻飼養於上述單株竹仔菜上，再置於直徑 12 cm、高 25 cm 之壓克力筒內。每日觀察與記錄各齡期若蟲之形態與發育，並以立體顯微鏡 (Leica MZ16, Leica Microsystems, Wetzlar, Germany) 中之測微尺，量測體長及頭寬，頭寬是指兩複眼外緣間的距離，成蟲體長則包括頭部前端至前翅末端的距離，各生長期各觀察 17–24 隻。本文所使用之成蟲與若蟲外部形態之術語參考 Shih & Yang (2007) 研究報告所述。

口器

分別將 10 隻第 5 齡若蟲，及 10 個第 5 齡若蟲羽化後的蛻置於 phosphate-buffered saline

(PBS) 緩衝液中，於立體顯微鏡下觀察並拍照，並以立體顯微鏡中之測微尺先測量口針鞘 (stylet sheath) 長度，剝離口針鞘後再測量口針束 (stylet bundle) 長度。口針鞘及口針束長度皆指其末端至體壁之距離。

內部消化道及馬氏管

將第 5 齡中期若蟲 (蛻皮後 4 日)，以毛筆移至上述瓶插於藍色染液中之大花咸豐草上，待其刺吸取食至排出藍色泡沫液後，於立體顯微鏡下解剖觀察其消化道及馬氏管，並以立體顯微鏡中之測微尺測量濾室及馬氏管導管 (Malpighian duct) 及馬氏管基部 (proximal segment) 長度。至於呈念珠狀的馬氏管後段 (distal segment) 因長度較長，故先將整段馬氏管拍照、列印後，以縫衣用之細線分別捲繞、測量馬氏管基部與後段長度，再以二者之比值，換算出馬氏管後段實際長度。

若蟲取食及排出泡沫液行為

將採自田間之沫蟬若蟲，飼養在室溫約 25℃插於水瓶中已發根之竹仔菜上，觀察其取食行為及植株上之取食孔。另將單隻第 5 齡中期若蟲 (蛻皮後 4 日)，以毛筆移於上述含藍色染液之大花咸豐草上，待其刺吸取食至排出藍色泡沫液時，記錄其累積刺吸時間及停留在植株上之時間。隨即將其移至未含染液之大花咸豐草上，待其排出透明泡沫液，記錄其累積刺吸時間及停留在植株上之時間，最後再解剖觀察其濾室變色情形。共觀察 12 隻。

發育時間

自屏東地區採集第 1 齡及第 2 齡沫蟬若蟲，分別單隻飼養於上述單株竹仔菜上，再置於直徑 12 cm、高 25 cm 之壓克力筒內。於定溫 25 ± 1℃、相對濕度 75 ± 10% 及光週期 12L：12D (上午 5 點至下午 5 點間照光)。其中採自田間之第 1 齡若蟲，有 9 隻順利發育至第 2 齡，記錄其第 2 齡發育時間及其死亡率；採自田間之第 2 齡若蟲，有 25 隻順利發育至第 3 齡，記錄其第 3–5 齡發育時間、各齡期死亡率及成蟲壽命。

統計分析

各項試驗資料利用 SPSS (Statistical Products and Services Solutions) 10.0 統計分析軟體 (SPSS 1999) 先進行變方分析，雌雄體型間再以非成對 t 檢定法測驗，若蟲取食及排出泡沫液行為試驗則以成對 t 檢定法測驗，並採 $P < 0.05$ 顯著水準比較處理間平均值之差異。

結　果

外部形態

成蟲體型及大小：紡錘形，雄蟲之頭寬及體長比為 1.0：2.6，雌蟲則為 1.0：2.7。雄蟲，體長 6.86 mm ± 0.08 mm，頭寬 2.66 mm ± 0.02 mm (n = 24)；雌蟲，體長 8.07 mm ± 0.09 mm，頭寬 2.97 mm ± 0.04 mm (n = 24)，二者體型差異顯著，雌蟲明顯大於雄蟲 ($P < 0.05$) (表 1) (圖 1 A、B、C)。

顏色：體褐色。複眼灰褐色，單眼淡紅色。觸角暗褐色，第 3 節基部具 3 個淡褐色的錐狀感覺器。頭頂黃褐色。額背面觀呈黃褐色，其前緣邊脊兩側各具 1 個黑色斑紋；額區前面褐色，近基部之中央區域暗褐色。頰區與角片褐色。喙褐色，第 3 節端部暗褐色。前胸背板、中胸小楯片黃褐色，無斑紋。前翅黃褐色，密布網狀細褐紋，翅脈明顯。

頭部：頭部前面觀，呈菱形，寬為長的 1.1 倍；背面觀呈三角形 (圖 2A)，寬為長的 3.7 倍，頭寬與前胸背板前緣寬度略等。額區前面扁平，中央稍微凹陷，兩側具有 11 條橫向脊起。觸角 3 節，柄節、梗節短呈圓柱形，鞭節絲狀基部膨大處有 3 個毛狀的錐狀感覺器。喙達中足基部。前胸背板最寬處與中長之比為 2.6：1.0。

胸部：前翅紡錘形，長為寬的 2.8 倍，臀緣 (anal margin)、後緣 (posterior margin) 與前

表 1. 嗜菊短頭脊沫蟬各蟲期之體型大小
Table 1. Body size of various stages of *Poophilus costalis*

Stage	n	Body size (mm, Mean ± SEM)	
		Head width	Body length [y]
Nymph			
1st			
Late	17	0.53 ± 0.01	1.66 ± 0.03
2nd			
Early	17	0.73 ± 0.01	1.94 ± 0.03
Late	20	0.79 ± 0.01	2.31 ± 0.03
3rd			
Early	20	1.10 ± 0.01	2.67 ± 0.06
Late	20	1.17 ± 0.01	3.45 ± 0.04
4th			
Early	20	1.64 ± 0.02	4.08 ± 0.07
Late	20	1.73 ± 0.02	5.18 ± 0.08
5th			
Early	20	2.43 ± 0.03	6.02 ± 0.09
Late	20	2.48 ± 0.03	7.51 ± 0.10
Adult			
Female	24	2.97 ± 0.04 a [z]	8.01 ± 0.09 a
Male	24	2.66 ± 0.02 b	6.86 ± 0.08 b

[z] Means of body size followed by the different letters are significantly different between sexes at $P < 0.01$ by t test.
[y] Body length is from the front of the head to the end of the fore wing.

翅之長度比為 1.0：2.6：3.4。後翅 (圖 2B) 具 4 個端室 (apical cell)，第 1 端室長度為第 3 端室之 1.4 倍，第 2 端室長度為第 4 端室長之 1.2 倍。後翅前緣近基部之後翅聯繫結構為三角形，其近翅基端部有 6 個釘狀突起。中足基節突起 (meracanthus) 為三角薄片形 (圖 2C)。

雄蟲性器：第 9 腹節即為尾節 (pygofer) 側面觀近長方形 (圖 2D)，其寬為長的 1.5 倍；基部邊緣於腹緣處稍向後突；尾節背方突起小，與尾節端部邊緣幾乎無界限；尾節腹緣突起發達，其端部朝上，末端細。兩尾節腹緣突起的基部之間向下深裂 (圖 2E)，幾達尾節基部，腹面觀呈卵形，兩側端部向前突出。腹部第 10 節為長圓柱形，腹部第 11 節背板 (XIt) 為圓柱形，腹板 (XIs) 長橢圓形 (圖 2D)。陽莖 (aedeagus) (圖 2F)，基部腹面邊緣稍呈拱形，基部寬，至端部稍窄，末端具有 1 條針狀突起，指向陽莖腹面，且末端幾達陽莖基部。性側附器 (genital style) (圖 2G) 基部窄，棒形，至端部漸寬，略呈長方形，末端稍向外開闊，薄而分叉。

卵：解剖自田間採回之雌成蟲，可見腹部內之成熟卵呈長橢圓形、乳白色 (圖 1D)，長軸 1.59 mm ± 0.01 mm，短軸 0.37 mm ± 0.00 mm (n = 20)。

若蟲：共有 5 個齡期，其第 1–5 齡若蟲之平均頭寬依序各為 0.53、0.73–0.79、1.10–1.17、1.64–1.73 及 2.43–2.48 mm，平均體長各為 1.66、1.94–2.31、2.67–3.45、4.08–5.18 及 6.02–7.51 mm (表 1)。其中同齡期若蟲齡期初始及末期的頭寬變化不大，體長變化則較大，故可以頭寬作為若蟲齡期判斷之依據。若蟲頭部背面可見膨大的額區 (frons)，額區與頭頂間的額縫隨齡期增長漸明顯；觸角鞭狀、深褐色，包括柄節、梗節及 7 節鞭節，觸角長度隨齡期增長而變長。頭部至腹部各體節背面，具明顯之中央背線，第 1–3 齡若蟲各腹節中央背線下方可見明顯之心臟搏動，可見腹節有 9 節。

第一齡若蟲 (圖 1E)：體背面之中央背線黃褐色。頭部褐色，複眼暗紅色。前胸背板長方形，前緣具褐色的橫向斑紋，中央至後緣區域則為淡褐色；前胸背板與中胸背板之中央縱長比例約為 2：1；中胸背板及後胸背板暗褐色、翅芽不發達；頭胸部較其他齡期扁。腹部淡褐色。

第二齡若蟲 (圖 1F)：體背面之中央背線黃褐色。頭部暗褐色，複眼暗紅色。前胸背板乳白色，具暗褐色近 M 形的不規則橫向斑紋；前胸背板與中胸背板之中央縱長比例約為 2：1；中胸背板及後胸背板暗褐色、翅芽不發達。腹部淡灰色。

第三齡若蟲 (圖 1G)：體背面之中央背線乳白色。頭部暗褐色，頭頂與額區交接處的兩側，各具 1 個乳白色叉狀斑紋，複眼灰色。前胸背板乳白色，具暗褐色的不規則橫向斑紋；前胸背板與中胸背板之中央縱長比例約為 2：1；中胸背板及後胸背板暗褐色；中胸背板及後胸背板暗褐色，翅芽不發達。腹部淡灰色。

第四齡若蟲 (圖 1H)：體背面之中央背線乳白色。頭部暗褐色，頭頂前緣具乳白色橫向斑紋，往前延伸至額區。前胸背板乳白色，中央區域具暗褐色橫向斑紋；前胸背板與中胸背板之中央縱長比例約為 1.5：1.0；中胸背板及後胸背板暗褐色，中胸背板左右各具 1 個白色斑紋；中胸背板兩側後緣向外側擴張延伸，呈尖銳形的前翅翅芽；後胸背板後緣中央平整，兩側後緣向外側擴張，形成後翅翅芽。腹部淡灰色。

第五齡若蟲 (圖 1I)：體背面之中央背線乳白色。頭部乳白色，額區前緣具黑色橫向斑紋，頭部後緣具黑色橫向斑紋，中央區域具 2 個黑色斑紋。前胸背板乳白色，中央區域具暗褐色橫向斑紋；前胸背板與中胸背板之中央縱

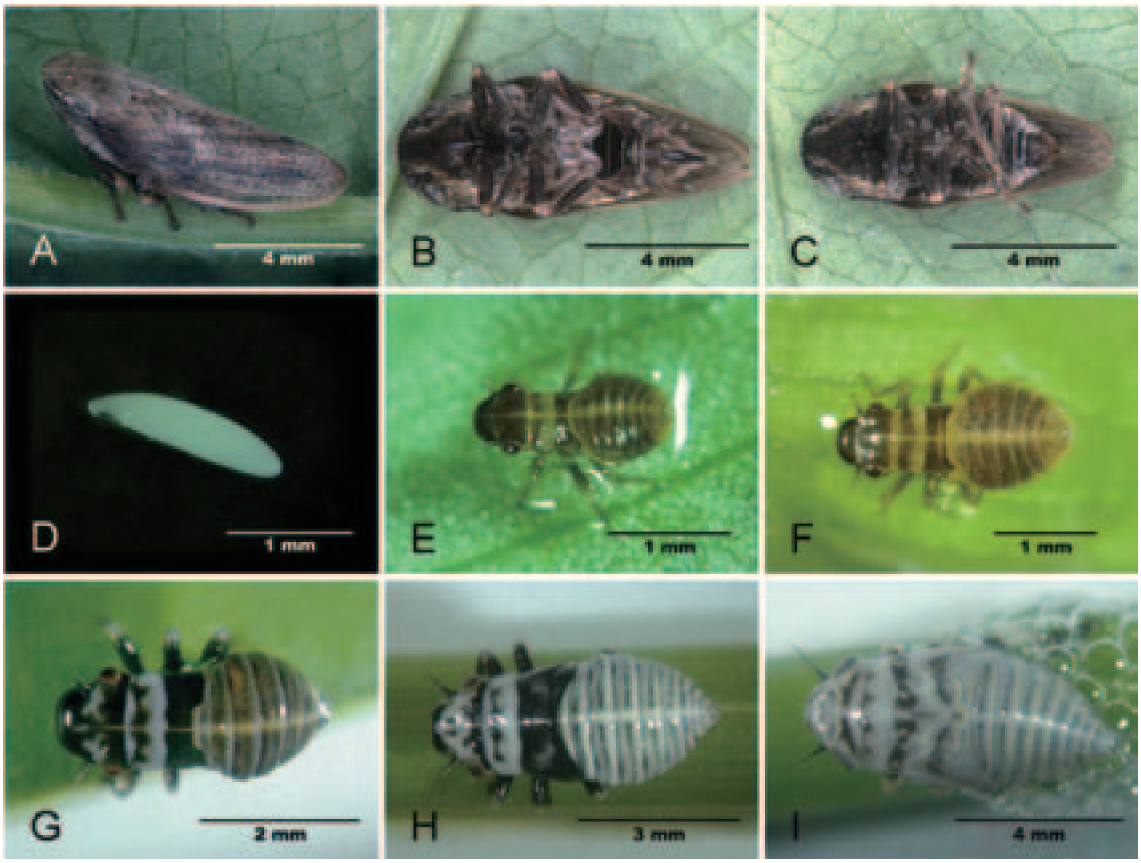

圖 1. 嗜菊短頭脊沫蟬各發育期形態。(A) 成蟲側面；(B) 雌成蟲腹面；(C) 雄成蟲腹面；(D) 卵；(E) 第 1 齡若蟲；(F) 第 2 齡若蟲；(G) 第 3 齡若蟲；(H) 第 4 齡若蟲；(I) 第 5 齡若蟲。

Fig. 1. Morphology of different developmental stages of *Poophilus costalis*. (A) adult, lateral view; (B) female adult, ventral view; (C) male adult, ventral view; (D) egg; (E) 1st instar nymph; (F) 2nd instar nymph; (G) 3rd instar nymph; (H) 4th instar nymph; (I) 5th instar nymph.

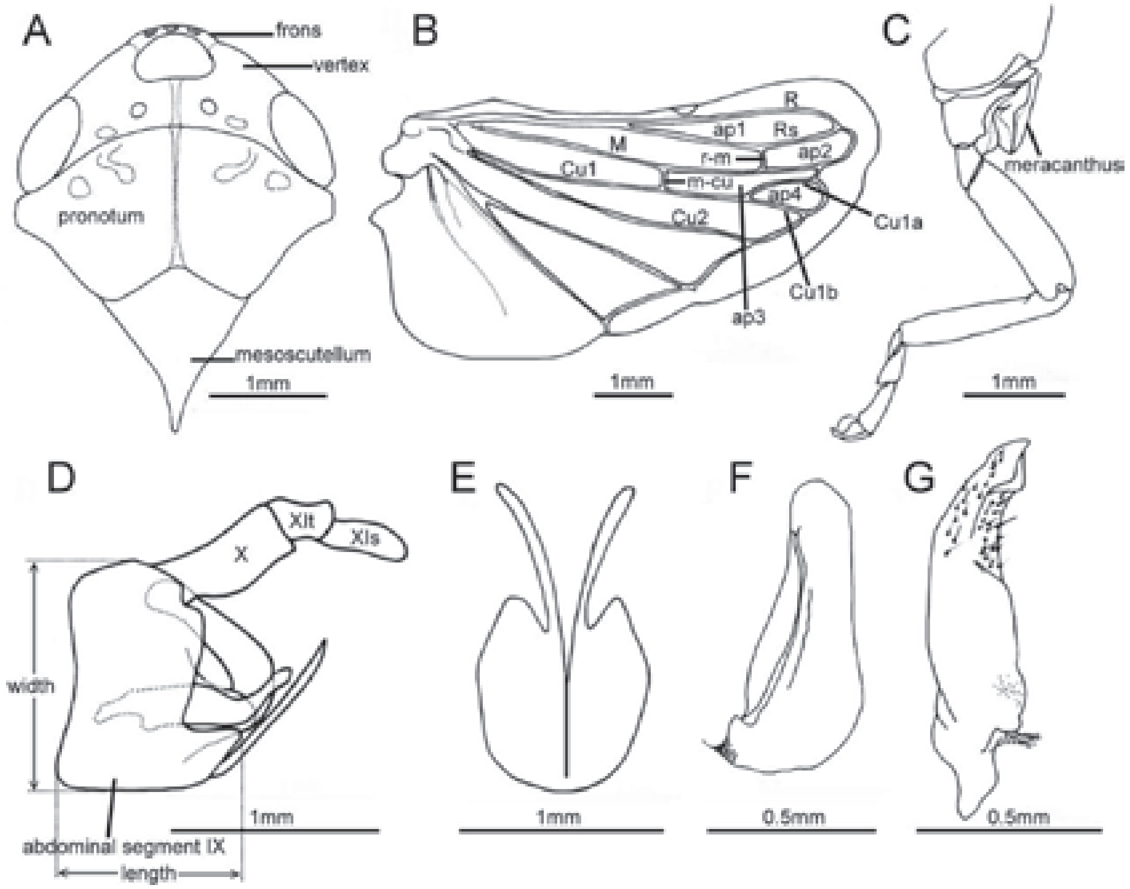

圖 2. 嗜菊短頭脊沫蟬雄成蟲外部形態。(A) 頭、前胸背板、中胸背板背面；(B) 後翅；(C) 左中足；(D) 第 9–11 腹節側面；(E) 第 9 腹節 (尾節) 腹面；(F) 陽莖；(G) 性側附器。

Fig. 2. Morphology of male *Poophilus costalis*. (A) head, pronotum, and mesoscutellum, dorsal view; (B) hindwing; (C) meracanthus of left midleg; (D) abdominal segments IX–XI, lateral view; (E) abdominal segment IX (pygofer), ventral view; (F) aedeagus, lateral view; (G) right genital style. ap, apical cell.

長比例約為 1：1；中胸背板及後胸背板淡褐色；中胸背板後緣中央向後凸出、端部圓鈍，兩側後緣向外側擴張，形成端部圓鈍的前翅翅芽，覆蓋於後翅翅芽之上；後胸背板後緣中央平整，兩側後緣區域呈扇形、端部向後延伸至可見腹節第 3 節的末端。腹部各節背板後緣，皆有橫向的淡褐色斑紋。第五齡若蟲自初期至末期的發育過程，中胸背板及後胸背板漸呈乳白色，中胸背板中央後緣明顯凸出，已具成蟲中胸小楯板的雛型；腹部各節背板後緣，皆有橫向的淡褐色斑紋。

口器

沫蟬第 5 齡若蟲蛻皮後，其蛻可見明顯之口針鞘 (stylet sheath) 及口針束 (stylet bundle) (圖 3A)，口針鞘 3 節、深棕色，末端有剛毛排列。口針鞘上方有一溝縫其內包裹口針束，口針束由 1 對大顎 (mandibles) 及 1 對小顎 (maxillae) 特化成 4 根長針所組成，基部著生於體壁內，大顎針及小顎針組成口針束後穿出體表，大顎針在外，尖端具齒狀突起 (圖

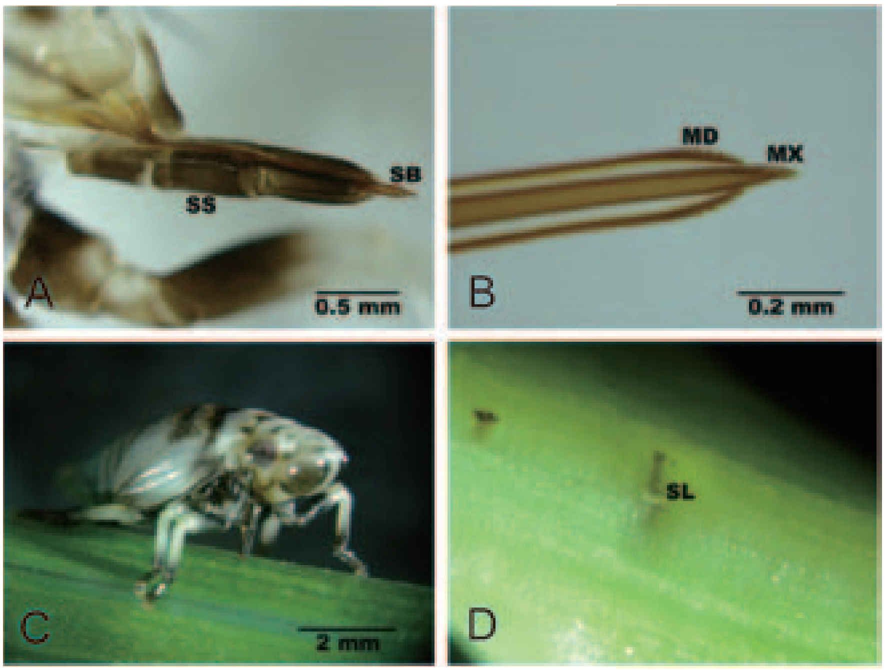

圖 3. 嗜菊短頭脊沫蟬第 5 齡若蟲之口器。(A) 口針鞘及口針束；(B) 大顎針及小顎針前端；(C) 取食；(D) 取食竹仔菜後留下之唾液鞘。

Fig. 3. Mouthparts of the 5th instar nymph of *Poophilus costalis*. (A) stylet sheath (SS) and stylet bundle (SB); (B) tip of mandibular stylet (MD) and maxillary stylet (MX); (C) feeding; (D) salivary sheath (SL) remained in *Commelina diffusa* Burm. f. at each feeding site.

3B)；小顎針在內，末端突出於大顎針之外，左右相扣形成食管及唾液管。直接觀察沫蟬第 5 齡若蟲口器，其結果同其蛻，口針鞘及口針束長度則分別為 1.64 mm ± 0.03 mm 及 1.48 mm ± 0.01 mm (n = 10)。

內部消化道及馬氏管

沫蟬第 5 齡若蟲吸食未含有染劑之大花咸豐草汁液所排出之泡沫液為透明狀 (圖 4A)；吸食含有藍色 1 號染劑之大花咸豐草汁液後，待排出藍色泡沫液 (圖 4B) 即行解剖，此時可見其前腸、中腸、濾室及後腸皆呈藍色，4 條馬氏管則未見變色 (圖 4C)，證實食物液流不會直接進入馬氏管。食道 (esophagus) 屬於前腸，中腸緊鄰食道處膨大成濾室 (filter chamber) (圖 4D)，濾室後方可見一囊狀膨大中腸，此濾室及囊狀中腸部分亦合稱為前段中腸 (anterior midgut)，之後的管狀中腸則稱為後段中腸 (posterior midgut) (圖 4C)。濾室內可見後段中腸由濾室下端穿入，往前迴旋整齊排列，最後再沿著濾室在馬氏管進入濾室處上方穿出濾室，接上後腸 (圖 4D)。後腸初解剖時顏色較深，隨著時間越久，染劑溶液慢慢由肛門滲出，顏色越來越淡。馬氏管穿出濾室後可分為三部分，穿出濾室較細窄處，稱為馬氏管導管 (Malpighian duct)，緊接著為外觀平滑的馬氏管基部 (proximal segment)，最後則為呈念珠狀之馬氏管後段 (distal segment)，三者長度各為 0.51 mm ± 0.03 mm、1.92 mm ± 0.04 mm 及 11.27 mm ± 0.34 mm (n = 20)，長度比約為 1.0：3.8：22.1，馬氏管外圍則常附有微氣管

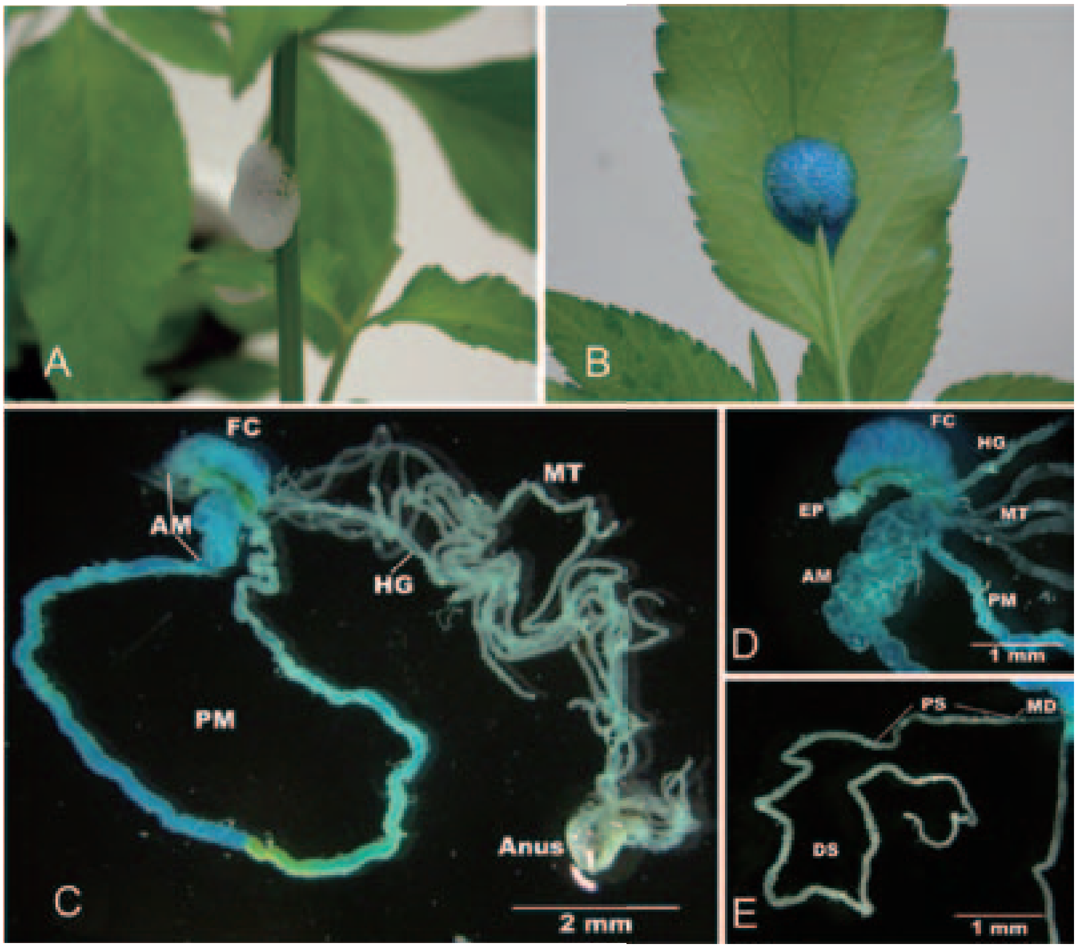

圖 4. 嗜菊短頭脊沫蟬第 5 齡若蟲取食含 Brilliant blue FCF 染液之大花咸豐草後之泡沫液 (B)、消化管及馬氏管 (C)、濾室 (D) 及馬氏管 (E)。取食含染液之植物汁液前之泡沫液 (A) 與取食後 (B) 之泡沫液顏色不同。

Fig. 4. Froth (B), gut complex (C), filter chamber (D) and Malpighian tubule (E) of 5th instar nymph of *Poophilus costalis* afetr feeding on *Bidens pilosa* L. var. *radiata* Sch. dipped in Brilliant Blue FCF stain solution. Note difference in color of froth before (A) and after (B) feeding on the plant dipped in stain solution. EP, esophagus; FC, filter chamber; AM, anterior midgut; PM, posterior midgut; HG, hindgut; MT, Malpighian tubule; MD, Malpighian duct; PS, proximal segment of Malpighian tubule; DS, distal segment of Malpighian tubule.

(圖 4E)。

若蟲取食及排出泡沫液行為

沫蟬第 5 齡若蟲取食時以口針鞘抵在植物表面，口針鞘末端密生之剛毛 (圖 3A) 應有協助固定口針鞘之用，再伸出其內之口針刺穿植物表皮取食 (圖 3C)。取食結束抽出口針，可在植株上留下明顯之唾液鞘 (salivary sheath) 痕跡 (圖 3D)。初齡若蟲偏好在植株頂端莖部取食，隨齡期變大，漸次往下移動，至末齡若蟲時多在植株下端莖基部取食。

另將大花咸豐草瓶插於藍色 1 號染液中隔夜後，供沫蟬 5 齡中期若蟲刺吸取食。可見若蟲由肛門排出液體後，隨即朝上舉起第 9 腹節，再伸入液體中，並藉由腹節的前後伸

縮、左右擺動逐一形成氣泡，最後讓泡沫液裹附全身。沫蟬在含染劑植株上累計刺吸時間 14.01 ± 1.08 分鐘、總停留 19.54 ± 1.89 分鐘後開始排出藍色液體；將此沫蟬移至未含染劑植株供其取食，改排出透明液體所需之刺吸及停留時間分別明顯縮短至 10.95 ± 0.79 分鐘及 12.32 ± 1.29 分鐘 ($n = 12$) ($P < 0.05$) (表 2)。

發育時間

因嗜菊短頭脊沫蟬目前在室內還無法繼代飼養，故直接自田間採集若蟲回室內 25℃定溫下觀察其發育期。其中第 1 齡若蟲因體型微小只有 0.5 mm，於田間不易發現，採得 10 隻攜回室內在定溫下 1–4 日後只有 9 隻陸續蛻皮至第 2 齡，持續觀察可知其第 2 齡發育日數為 4.0 ± 0.4 日，第 2 齡之死亡率為 11.1%。第 2 齡若蟲因體型稍大有 0.75 mm，且分泌的泡沫液較多，於田間較易發現，採得 30 隻，其中 25 隻蛻皮至第 3 齡，其第 3 齡–第 5 齡之死亡率分別為 12.0%、9.1%、20.0%，發育日數分別為 4.0 ± 0.2 日、4.8 ± 0.2 日及 8.9 ± 0.4 日 (表 3)。雌成蟲壽命 9.4 日 ± 0.6 日 ($n = 7$)，雄成蟲壽命 6.8 日 ± 1.0 日 ($n = 9$)。

討　論

由此試驗得知嗜菊短頭脊沫蟬若蟲共有 5 個齡期，若蟲第 2–4 齡期內的頭寬變化在 0.04–0.09 mm 間，各齡期內初蛻皮頭寬在生長至後期近蛻皮時變化不大，在蛻皮進入下一齡期後之頭寬則明顯增加，且各齡期頭寬之增加呈一定比率，符合 Dyar's Law (Dyar 1890)，故可以頭寬準確判斷此沫蟬之若蟲齡期。

沫蟬若蟲排出泡沫液的泡沫形成原因可能為馬氏管基部 (proximal segment) 平滑區域所分泌的黏多醣類物質 (mucopolysaccharide) (Marshall 1966)。嗜菊短頭脊沫蟬若蟲吸食植物汁液，排出之泡沫液亦有黏稠感，解剖觀察其馬氏管，截斷馬氏管基部時會流出黏液，截斷呈念珠狀的馬氏管後段則無黏液產生，故推論此沫蟬之泡沫形成原因亦可能為馬氏管基部分泌之黏液使然。

另觀察此沫蟬若蟲之口器，可見其口針鞘末端有剛毛排列，應有協助口針鞘固定於植物組織之用。待其取食後抽出口針，可在植物組織上觀察到明顯之唾液鞘痕跡，此為唾液管流出之唾液硬化形成。黃頭長沫蟬 (*Philaenus spumarius* Linnaeus) 若蟲取食時亦有相同狀況，在其口針束刺入植物組織內後，隨即由其小顎針相扣形成之唾液管流出液體、硬化，在口針束及植物細胞間形成唾液鞘 (Crews *et al.* 1998)。

為能明顯目視觀察沫蟬若蟲取食後至排出液體所需時間，本試驗採用藍色 1 號染液瓶插大花咸豐草以供沫蟬取食。藍色 1 號 (Brilliant Blue FCF) 為水溶性染劑，可分為工業級及食用級，食用級需含 85% 以上有效染色成分。此染劑已知對陸生動物屬低毒性，對小

表 2. 染劑藍色 1 號對嗜菊短頭脊沫蟬第 5 齡若蟲在大花咸豐草汁液流經整個消化管所需之停留及取食時間之影響

Table 2. The effect of Brilliant Blue FCF on retention and feeding period of 5th instar nymph of *Poophilus costalis* on *Bidens pilosa* L. var. *radiata* Sch. after the the fluid passed through the whole alimentary canal

		Retention time (min)	Feeding time (min)
Treatment	*n*	Mean ± SEM	Mean ± SEM
Plant with dye	12	19.54 ± 1.89 a [z]	14.01 ± 1.08 a
Plant without dye	12	12.32 ± 1.29 b	10.95 ± 0.79 b

[z] Means in each column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by *t* test.

表 3. 嗜菊短頭脊沫蟬若蟲各時期發育日數與死亡率
Table 3. Duration and mortality of the nymphal stage of *Poophilus costalis* [z]

	Duration (days)		
Instar	*n*	(Mean ± SEM)	Mortality (%)
2nd	8	4.0 ± 0.4	11.1
3rd	22	4.0 ± 0.2	12.0
4th	20	4.8 ± 0.2	9.1
5th	16	8.9 ± 0.4	20.0

[z] The experiment was conducted at 25 ± 1℃, 75 ± 10% RH, and a photoperiod of 12L : 12D.

鼠 (mice) 的半數致死劑量為每公斤體重 4.6 g (Federal Register 1988)；而水生動物魚類接觸此染劑 2 日的半數致死濃度則為 0.1 g/L (Yasuhiro 1984)，因此染劑對生物毒性低，故常應用於食品中作為染色劑。更因此染劑的辛醇-水分布係數 (octanol-water partition coefficient) 小，pH 5.7 時 Kow < 10^{-4}，相對較溶於水，2–60℃時在水中的溶解度可至 200 g/L，所以亦常用於土壤溢流方向的追蹤，在其濃度為 3–5 g/L 時，即可於土壤中清楚辨識 (Flury & Flühler 1994)。為能明顯目視沫蟬排出藍色液體的時間點，故本試驗採用藍色 1 號 1 g/L 的濃度瓶插大花咸豐草。但此染劑因會吸收紅光、影響光合作用而具植物毒性，水生植物接觸 30 日後的死亡率為 98% (Tonogai *et al.* 1980)。故用於本試驗中之大花咸豐草瓶插於染劑中僅隔夜，整個接觸染劑時間不超過 24 小時，雖然整株植株已呈現明顯藍色，但尚未出現植株萎凋、衰弱情形，此時接上沫蟬進行取食試驗，應不至因膨壓影響沫蟬取食。但實際觀察到沫蟬在含染劑植株上累計刺吸至排出藍色液體之時間 (14.01 分鐘)，明顯較將此排出藍色液體之沫蟬改移至正常植株上，累計刺吸至排出透明液體之時間 (10.95 分鐘) 長。出現此取食速度明顯被干擾的狀況，推測可能是因染劑存在的原因。因此將已排出藍色液體的沫蟬移到未含染劑植株後，呈現的取食行為應較能代表沫蟬的正常的取食行為。即沫蟬第 5 齡中期若蟲 (蛻皮後 4 日) 刺吸植物汁液流經身體消化道至排出體外的時間應為 10.95 分鐘。

嗜菊短頭脊沫蟬目前仍無法於室內繼代繁殖。作者陸續自野外採回嗜菊短頭脊沫蟬成蟲 50 隻，在溫室 16–36℃中同時供應大花咸豐草、竹仔菜、薄荷盆栽，待成蟲死亡後，解剖所有雌蟲腹部，有些尚可見成熟卵，但皆未見下一代若蟲出現。另自野外採回嗜菊短頭脊沫蟬第 2–5 齡若蟲 200 隻，其中一半飼養於瓶插水中的竹仔菜上，僅約有 10% 羽化為成蟲。另一半飼養於瓶插於含複合肥料必達的竹仔菜上，則有 80–90% 羽化為成蟲，繼之將雌、雄蟲混養於室內 25℃定溫，或溫室變溫環境中，同時供應大花咸豐草、竹仔菜與薄荷盆栽，皆未見產卵情形。解剖所有雌蟲腹部，皆未見成熟卵，顯然卵並未順利發育。推論其原因，可能是卵發育所需之營養不足；而營養不足的原因除了可能是寄主植物所含的營養成分不適外，亦有可能是若蟲吸取的植物汁液量不足。

已知同為木質部取食者的褐透翅尖頭大葉蟬 [*Homalodisca vitripennis* (Germar)]，適合其若蟲期及成蟲期取食的寄主植物不同 (Brodbeck *et al.* 1995)；而且寄主植物施用不同類型肥料，亦會影響其若蟲存活率、成蟲性比及成蟲重量 (Brodbeck *et al.* 1999)。此外，隨寄主植物木質部膨壓降低，其取食率亦會隨之以指數速度快速降低，並在低於 2.1 MPa 時停止取食 (Andersen *et al.* 1992)。所以日後為能順利於實驗室中繼代繁殖嗜菊短頭脊沫蟬，或可將自田間採回之若蟲直接飼養於混有多種植物之蟲箱內，適量施肥，且充足供應植物水分，成蟲亦同樣供應多種植物以供取食及產卵。至於要混合那些植物種類，施用何種肥料，則有待進一步的研究探討。

誌 謝

本研究承行政院農業委員會 100 農科-9.2.1-農-C7 計畫經費補助。試驗期間承朱雅琳小姐、楊侑蓁小姐協助養蟲及相關試驗執行，謹此致謝。

引用文獻 (Literature cited)

Ajayi, O. and F. A. Oboite. 2000. Importance of spittle bugs, *Locris rubens* (Erichson) and *Poophilus costalis* (Walker) on sorghum in West and Central Africa, with emphasis on Nigeria. Ann. Appl. Biol. 136:9–14.

Andersen, P. C., B. V. Brodbeck, and R. F. Mizell. 1992. Feeding by the leafhopper *Homalodisca coagulata* in relation to xylem fluid chemistry and tension. J. Insect Physiol. 38:611–622.

Brodbeck, B. V., P. C. Andersen, and R. F. Mizell. 1995. Differential utilization of nutrients during development by the xylophagous leafhopper, *Homalodisca coagulata*. Entomol. Exp. Appl. 75:279–289.

Brodbeck, B. V., P. C. Andersen, and R. F. Mizell. 1999. Effects of total dietary nitrogen and nitrogen form on the development of xylophagous leafhoppers. Arch. Insect Biochem. Physiol. 42:37–50.

Crews, L. J., M. E. McCully, M. J. Canny, C. X. Huang, and L. E. C. Ling. 1998. Xylem feeding by spittlebug nymphs: some observations by optical and cryo-scanning electron microscopy. Am. J. Bot. 85:449–460.

Dyar, H. G. 1890. The number of molts of lepidopterous larvae. Psyche 5:420–422.

Federal Register. 1988. Acid Blue 9. Toxic chemical release reporting, community right-to-know. Fed. Regist. 53:12035–12037.

Flury, M. and H. Flühler. 1994. Brilliant Blue FCF as a dye tracer for solute transport studies- a toxicological overview. J. Environ. Qual. 23:1108-1112.

Huang, H. 1996. Study on the biology of *Poophilus costalis*. For. Pest Dis. 3:27–29. (in Chinese)

Maksyutova, N. N., I. A. Tarchevsky, D. V. Yusupova, E. L. Gvozdeva, T. A. Valueva, and V. G. Yakovleva. 1999. Enzymatic activity of aphroproteins. Biochemistry 64:780–782.

Marshall, A. T. 1966. Spittle-production and tube-building by cercopid larvae (Homoptera)-IV. Mucopolysaccharide associated with spittle-production. J. Insect Physiol. 12:635–644.

Purcell, A. H. 1980. Almond leaf scorch: leafhopper and spittlebug vectors. J. Econ. Entomol. 73:834–838.

Redak, R. A., A. H. Purcell, J. R. Lopes, M. J. Blua, R. F. Mizell, and P. C. Andersen. 2004. The biology of xylem fluid-feeding insect vectors of *Xylella fastidiosa* and their relation to disease epidemiology. Annu. Rev. Entomol. 49:243–270.

Saini, M. S., R. Nakeer, and A. Irfan. 2011. *Poophilus costalis* Walker (Hemiptera: Cercopoidea: Aphrophoridae): a possible constraint to commercial exploitation of *Lavendula angustifolia* Mill in Kashmir Himalaya with affinity for C3 photosynthetic plants. J. Med. Plant. Res. 5:2278–2282.

Severin, H. H. P. 1950. Spittle-insect vectors of pierce's disease virus. II. Life history and virus transmission. Hilgardia 19:357–382.

Shih, H. and J. T. Yang. 2002. Three new records of Aphrophoridae (Hemiptera: Auchenorrhyncha: Cercopoidea) from the Kinmen Islands (Taiwan). Polish J. Entomol. 71:91–100.

Shih, H. T. and J. T. Yang. 2007. Revision of the genus *Ariptyelus* Matsumura (Hemiptera: Cercopoidea: Aphrophoridae). Zootaxa 1592:57–68.

Shih, H. T., H. C. Tsay, and J. T. Yang. 2005. Notes on the geographic distribution and host plants for *Poophilus costalis* (Walker, 1851) (Hemiptera: Cercopoidea: Aphrophoridae). Plant Prot. Bull. 47:171–178. (in Chinese with English abstract)

SPSS. 1999. SPSS Base 10.0 for User's Guide. SPSS Inc., Chicago. 537 pp.

Tonogai, Y., Y. Ito, M. Iwaida, M. Tati, Y. Ose, and M. Hori. 1980. Studies on the toxicity of coal-tar dyes. III. Reason of acute toxicity to fish caused by coal-tar dyes and their industrial effluents. J. Toxicol. Sci. 5:23–33.

Yasuhiro, N. 1984. Toxicity of agrochernicals to freshwater organisms. CV Dyes. Suisan Zoshoku 32: 173–175. (in Japanese)

Morphology, Feeding and Development of the Spittlebug *Poophilus costalis* (Walker, 1851) (Hemiptera: Cercopoidea: Aphrophoridae) [1]

Shu-Chen Chang[2], Hsien-Tzung Shih[2], and Kuang-Hui Lu[3,4,5]

Abstract

Chang, S. C., H. T. Shih, and K. H. Lu. 2011. Morphology, feeding and development of the spittlebug *Poophilus costalis* (Walker, 1851) (Hemiptera: Cercopoidea: Aphrophoridae). J. Taiwan Agric. Res. 61:343–354.

The xylophagous spittlebug *Poophilus costalis* (Walker, 1851) has a wide variety of host plants. This study was conducted to investigate the morphology and development of the spittlebug using *Commelina diffusa* Burm. f. as the host plant. The average head widths of the 1st, 2nd, 3rd, 4th and 5th instar nymph were 0.53, 0.73, 1.10, 1.64 and 2.43 mm, respectively; and the average body length of these nymphs were 1.66, 1.94, 2.67, 4.08 and 6.02 mm, respectively. At 25℃, the average durations for the development of the 2nd, 3rd, 4th and 5th instar nymph were 4.0, 4.0, 4.8 and 8.9 days, respectively. While feeding, the nymph fixed its stylet sheath on the surface of the host plant and then inserted the stylet bundle through the epidermis to feed on plant sap. The lengths of the stylet sheath and stylet bundle were 1.64 and 1.48 mm, respectively. Color of the extruded froth of the 5th instar nymph was blue after14 minutes of feeding on *Bidens pilosa* L. var. *radiata* Sch. dipped in Brilliant Blue FCF stain solution. Results of cytological studies showed that, while the esophagus, filter chamber, midgut and hindgut of the nymph were stained blue, the four Malpighian tubules remained unstained, revealing that the food fluid did not flow directly through these tubules. The posterior midgut was shown to enter the lower end of the filter chamber, run anteriorly and convolutely up the chamber, and then turned around all the way down to the lower end of the filter chamber, piercing the chamber just above the entrance of Malpighian tubules. As this spittlebug has a considerable potential to spread diseases to a variety of host plants, results of this study are useful in future investigations of vector-pathogen relationships.

Key words: *Poophilus costalis*, Spittlebug, Xylem-feeding insects, Morphology, Development time.

---

1. Contribution No. 2675 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: November 14, 2012.
2. Respectively, Assistant Researcher and Associate Researcher, Applied Zoology Division, TARI, Council of Agriculture, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Professor, Department of Entomology, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC.
4. Professor, Agriculture Biotechnology Center, National Chung Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC.
5. Corresponding author, e-mail: khlu@dragon.nchu.edu.tw, Fax: (04)22875024.

台灣農業研究 (J. Taiwan Agric. Res.) 61(4):355–360 (2012)

比較長期水旱田輪作或連作施用硫酸銨對於土壤酸鹼值之影響[1]

譚增偉[2,3] 陳桂暖[2]

摘　要

譚增偉、陳桂暖。2012。比較長期水旱田輪作或連作施用硫酸銨對於土壤酸鹼值之影響。台灣農業研究 61:355–360。

長期試驗田於 1987 年設立於本所農場，原為種甘蔗之旱田土壤，未經水田作用，屬非石灰性砂頁岩沖積土。本研究探討長期施用化學肥料下，連續 20 年間不同耕作制度對土壤 pH 的影響。不同耕作制度間造成土壤 pH 呈明顯差異，以水稻連作者最高、穩定且無逐年減少或增加情形，水旱田輪作者次之，旱作連作者最低並呈逐年減少趨勢，表示不同耕作制度中水田作用對穩定土壤酸鹼度的重要性。顯示施用硫酸銨氮肥之旱作連作，土壤酸化嚴重，此時 pH 可從水田連作之 5.8 下降至 < 4.0，此顯示非石灰性沖積土對 pH 呈較低緩衝能量。水旱田輪作區，每年種玉米後 pH 較水田連作者在 20 年間平均下降 1.05 ± 0.36 單位，種玉米後之經一作水田則回升 0.57 ± 0.29 單位，但仍無法回升到原來的數值 (5.8 ± 0.28)；此 pH 的下降幅度大而回升幅度小，應與土壤母質非石灰性、使用氮肥 $(NH_4)_2SO_4$ 及僅一作水田作用有關。

關鍵詞：耕作制度、連作、輪作、土壤酸鹼度。

pH 為土壤的重要性質之一，呈現了母質之自然風化與農業經營的結果，且此變化仍在繼續進行；土壤中無數的物理、化學、生物的反應均與 pH 相互影響，互為因果，小者如土壤 pH 對植物養分有效度影響的關係圖 (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food 1976)；因耕犁與肥料所導致之長期土壤酸化問題 (Mahler *et al.* 1985; Malhi *et al.* 1998)，而土壤 pH 與其相關因子更為土壤品質的重要指標之一 (Sposito & Zabel 2003)；又 Herencia *et al.* (2007) 評述，謂在傳統農耕下，經常性的耕犁和大量使用化學肥料與農藥，極易造成土壤有機質的損失、土壤酸化與產量衰退。國內這方面有關土壤酸化的長期田間試驗或連續監測則較少報導，或因長期田間試驗不易維持有關。

本長期試驗田設立於台中縣霧峰鄉本所農場 68 號田，乃典型之砂頁岩粘板岩非石灰性

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究簡報第 2675 號，接受日期：101 年 11 月 14 日。
2. 本所農業化學組副研究員、研究助理。台灣 台中市。
3. 通訊作者，電子郵件：tsengweitan@tari.gov.tw；傳真機：(04)23302805。

沖積土，質地為粉質壤土，面積連區外保護區計 0.45 ha，試驗前 (1985 年以前)，該田區為以種植甘蔗為主之旱田，未曾種植過水稻。試驗田區平均分割為 4 部分，各部分不同連、輪作區，一年兩期作計：(I) 水稻連作，即兩期作均水稻；(II) 一期水稻、二期旱作 (玉米)；(III) 一期旱作 (玉米)、二期水稻；(IV) 旱作連作，即兩期作均為玉米。水稻採人工插秧，行株距 24 cm × 24 cm；玉米整地播種，行株距 70 cm × 25 cm。試驗田完全使用化學肥料；氮肥用硫銨、磷肥用過磷酸鈣，鉀肥用氯化鉀。一、二期水稻三要素用量均為124 kg N/ha (基肥、一追、二追各 27.7% 及穗肥 17%)，140 kg P_2O_5/ha (100% 作基肥)，70 kg K_2O/ha (基肥及一追各 50%)。春、秋作玉米三要素用量均為270 kg N/ha (基肥，一追各 50%)，140 kg P_2O_5/ha (100% 作基肥)，70 kg K_2O/ha (基肥，一追各 50%)。即玉米之氮肥用量為水稻的 2 倍，磷、鉀用量則相同。1987–1991 年間每年二期作後 (玉米為秋作後) 各小區分別採取表、底土樣本，每期計 48 個土樣。後鑑於期作間之比較，於 1992 年開始亦採取一期水稻後及春作玉米後之表、底土樣本，同為 48 個土樣，分析土壤 pH (水土比 1：1) (Chang 1981)。

在完全施用化學肥料下，不同耕作制度試驗結果，表土 pH 已有明顯差異 (圖 1A、1B)，剛開始的 1987 年二期作僅兩期結果，故差異較小，其後即差異顯著且擴大，在連續 20 年間不論一、二期作以水稻連作區的 pH 最高，介於 5.4–6.2，平均為5.8 ± 0.2，且保持穩定狀態沒有逐年升高或下降的趨勢；水旱田輪作，不論一期水田二期旱作或一期旱作二期水田則居中，前者介於 4.1–5.4，平均為 4.9 ± 0.4，平均下降 0.9 ± 0.4，後者介於 4.2–5.6，平均為 5.1 ± 0.35，平均下降 0.7 ± 0.4；旱作連作區者最低，介於 3.5–5.1，平均為 4.3 ± 0.4，平均下降 1.5 ± 0.5，且在開始的數年間呈逐年快速下降趨勢，此為肥料所導致之土壤酸化，而下降的速度如此之快，則與原土壤為非石灰性，對 pH 的緩衝作用較小有關，致與水田之差異幅度亦擴大，1995 年後旱作連作區硫銨肥料用量減半，致後幾年 pH 保存在一較低範圍稍有回升，並無繼續下降。又對水旱田輪作而言，旱作後的 pH 必較水田後的 pH 為低，旱作後再經種水稻，pH 又上升，但仍較水稻連作區為低，故圖 1A 中 III (二期水田) 之 pH 高於 II (二期旱作) 者，而圖 1B 中 III (一期旱作) 之 pH 低於 II (一期水田) 者，乃水旱田不同之差異結果；此亦表示旱作後，僅經一期之水田作用並不足以使 pH 完全回升，故週而復始，連續 20 年間，水旱田輪作區之 pH 始終介於水田連作與旱作連作之間波動，顯然水田作用是較能穩定土壤 pH 的最佳耕作方式。

上述之結果亦以類似型式影響及底土 (圖 1C、1D)；在連續 20 年間不論一、二期作亦如表土者，以水稻連作區 (I) 的 pH (底土) 最高，介於 6.1–6.9，平均為 6.3 ± 0.2；水旱田輪作者則居中，其中一期水田二期旱作 (II) 者介於 5.1–6.0，平均為 5.6 ± 0.2，平均降幅 0.8 ± 0.3，一期旱作二期水田 (III) 者介於 4.9–6.1，平均為 5.6 ± 0.4，平均降幅 0.8 ± 0.3；旱作連作區 (IV) 者最低，介於 4.2–5.7，平均為 4.8 ± 0.41，平均降幅 1.4 ± 0.4。顯然，長期施用硫銨情形下，不論水旱田輪作或旱田連作，如以水田連作為標準，底土 pH 下降速度及幅度均不如表土 pH，此可能為硫銨肥料在表底土之分布差異的結果。

上述之圖 1 乃分別就一、二期作及表底土比較各不同耕作制度間之差異結果，若連續一、二期作，各耕作制度在連續 20 年間表底土 pH 的變化情形如圖 2，更可清楚顯示其變化趨勢。其中水稻連作區表、底土 pH (5.4–

6.9) 與年度間並無逐年增加或降低情形，水旱田輪作區表、底土 pH 則在較低而寬之範圍內 (4.1–6.1) 呈兩條鋸齒狀波動，與年度間亦無明顯逐年增加或降低情形，如圖 2B、2C；至於旱作連作者表、底土 pH 則在更低範圍內 (3.5–6.1) 以非鋸齒狀波動呈逐年降低情形 (圖 2D)，此時 pH 變化量大到不可忽視，以 1995 年二期作後之 3.5 為最小 pH 值，可見硫銨肥料與其用量對旱田土壤酸化之嚴重影響。又水旱田輪作區，每年種玉米後 pH 較水田連作者在 20 年間平均下降 1.05 ± 0.36 單位，種玉米後之經一作水田則回升 0.57 ± 0.29 單位，但仍無法回升到原來的數值 (5.8 ± 0.28)；此 pH 的下降幅度大而回升幅度小，應與土壤母質非石灰性、使用氮肥 $(NH_4)_2SO_4$ 及僅一作水田致土壤還原作用不足有關。

就硫酸銨之一般化學性質，其為強酸弱鹼所成之塩類故屬酸性，為電解質，易溶於水產生 NH_4^+ 及 SO_4^{2-}，其水溶液呈酸性乃因 NH_4^+ 之水解釋放 H_3O^+ (1：1 水溶液 pH = 4.3)：

$$NH_4^+ + H_2O = H_3O^+ + NH_3$$

$$Ka = 5.68 \times 10^{-10}$$

當硫銨施入土壤中，來自硫銨之 NH_4^+ 可經作物吸收或進行硝化作用，若被吸收，則會釋放一個 H^+ 此即表示，在土壤中來自硫銨中的一個 N 直接產生 1/2 個 H_2SO_4。若進行硝化作用產生 NO_3^-，NO_3^- 亦被吸收，則酸化影響與前相同，因硝化作用產生的 2 個 H^+ 被作物吸收 NO_3^- 時釋放的一個 OH^- 所中和，淨效果是產生一個 H^+；若 NO_3^- 不被作物吸收則此陰離子在土壤中極易移動，致最後的影響是硫銨中的一個 N 造成 1 個陽離子 M^+ 的淋出。總之，每 mole $(NH_4)_2SO_4$ 加入土壤，對土壤酸化的影響，完全取決於 N 是否被作物吸收或經硝化作用而淋洗；其最低酸化潛能即相當於 1 mole $(NH_4)_2SO_4$，而最大酸化潛能，則相當於

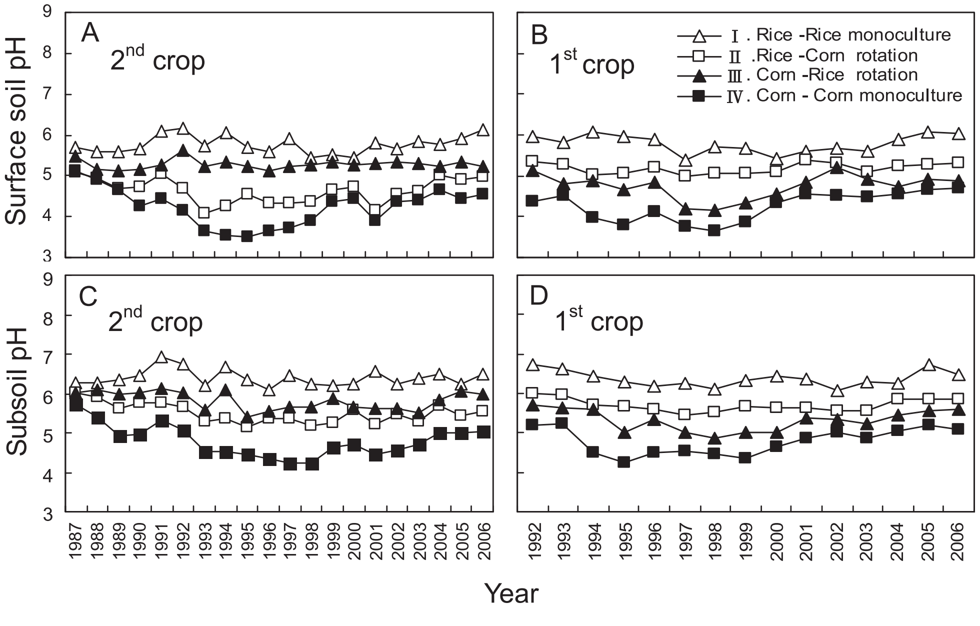

圖 1. 長期不同耕作制度對一、二期作後表 (A、B) 底 (C、D) 土酸鹼度之影響。

Fig. 1. Effect of different long-term cropping systems on pH values of surface (A, B) and sub-surface (C, D) soil collected each year after 1st crop (B, D) and 2nd crop (A, C).

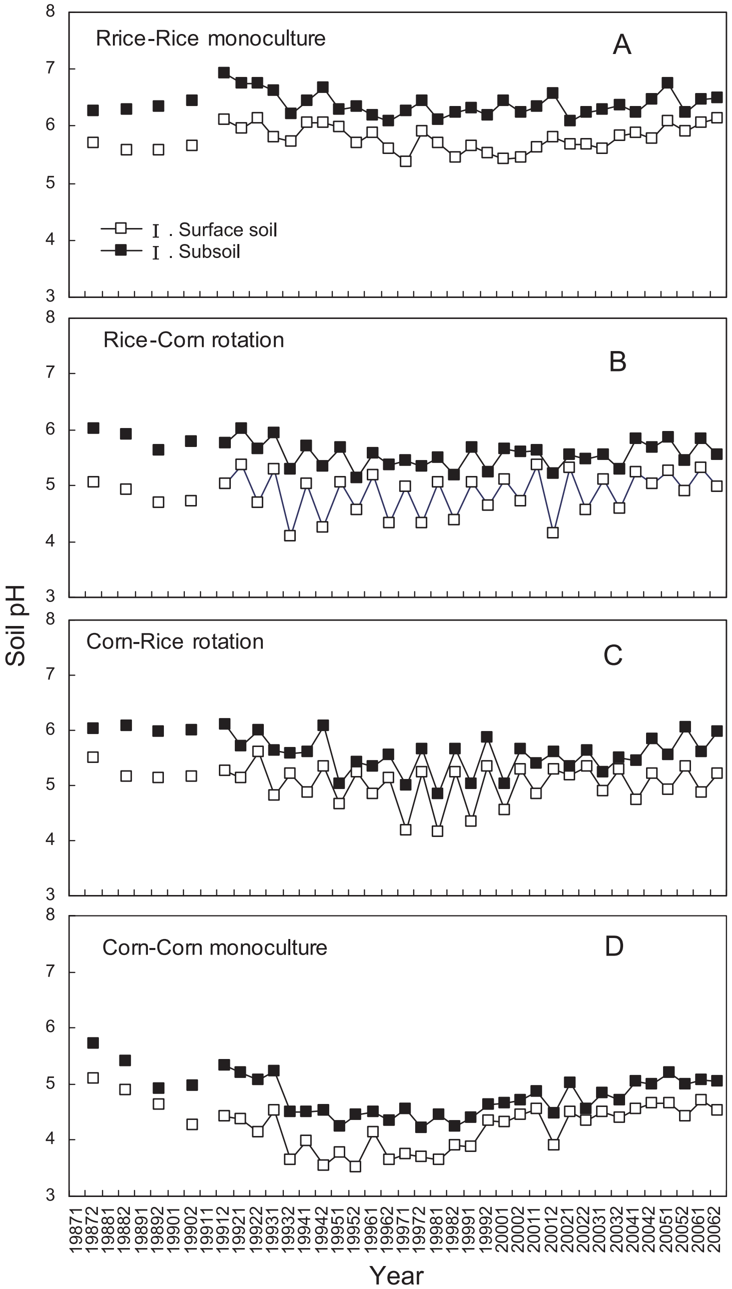

圖 2. 長期不同耕作制度連續一、二期作之表底土 pH 分布趨勢。19871、19872 分別表示 1987 年一期作 (水稻或春作玉米) 及 1987 年二期作 (水稻或秋作玉米)，餘類推。

Fig. 2. The trend of distribution of surface and subsoil pH among long-term cropping systems (A–D) after continuous lst and 2nd crop. Year and crop sequences are: 19871 = first crop (rice or spring corn) in 1987; 19872 = second crop (rice or fall corn)in 1987 and so on. A = Ricie-Rice Monoculture; B = Rice- Corn rotation; C = Corn-Rice rotation; D = Corn-Corn monoculture.

2 mole H_2SO_4 (Reuss & Johnson 1986)。此硫銨肥料之酸化問題，均係說明氮源與作物吸收間 H^+ 離子的直接產生與消耗，故吾人常以此角度衡量並強調氮肥對土壤酸化的嚴重性；但土壤本身有其防衛機制，即灌溉水、石灰質及水田作用等。土壤因其母質不同 (如是否含石灰質) 原即有酸、鹼之別。但無論原為鹼性或酸性，當土壤漸趨老化，其所含鹼性物質必漸流失，致使其鹼性愈弱，酸性愈強。又作物栽培年數愈久，對土壤中鹼性物質之吸收消耗便愈多，土壤自然更加酸化。一般灌溉水如濁水溪流域可補充碳酸根 [CO_3^{2-} 及碳酸氫根 (HCO_3^-)] 鹼性成分，種植水稻不但可藉帶豐富之灌溉水而補充多量鹼性成分，且因土壤在浸水狀態下受還原作用之影響而消耗 H^+ (Sposito 1989)，故種植水稻為防止或減緩土壤酸化之自然方法：

$$1/4\ CH_2O(aq) + 1/2\ MnO_2(s) + H^+(aq) = 1/2\ Mn_2^+(aq) + 1/4\ CO_2(g) + 3/4\ H_2O(l)$$

$$1/4\ CH_2O(aq) + FeOOH(s) + 2\ H^+(aq) = Fe^{2+}(aq) + 1/4\ CO_2(g) + 7/4\ H_2O(l)$$

$$1/4\ CH_2O(aq) + 1/8\ SO_4^{2-}(aq) + 1/8\ H^+(aq) = 1/8\ HS^-(aq) + 1/4CO_2(g) + 1/4H_2O(l)$$

上例方程式中，MnO_2、FeOOH 及 SO_4^{2-} 為水田土壤常見之氧化物，只要土壤含相當量易分解有機物如 CH_2O，在水田狀況下進行氧化作用，Fe、Mn、S 的氧化物即行還原作用而消耗 H^+。顯然，在非石灰性土壤，又連年旱作的情況下，上述肥料引起的酸化現象才會快速且嚴重，尤其伴隨土壤鈣鎂離子的淋洗損失更需注意。

引用文獻 (Literature cited)

Chang, I. W. 1981. The methods of soil testing. p.9–26. *in*: The Diagnostic Technique in Crop Requirement for Fertilizer. Agric. Res. Inst. Pub. Taichung. 198 pp. (in Chinese)

Herencia, J. F., J. C. Ruiz-Porras, S. Melero, P. A. Garcia-Galavis, E. Morillo, and C. Maqueda. 2007. Comparison between organic and mineral fertilization for soil fertility levels, crop macronutrient concentrations, and yield. Agron. J. 99:973–983.

Mahler, R. L., A. R. Halvorson, and F. E. Koehler. 1985. Long-term acidification of farmland in Northern Idaho and East Washington. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 16:83–95.

Malhi, S. S., M. Nyborg, and J. T. Harapiak. 1998. Effects of long-term N fertiltzer-induced acidification and liming on micronutrients in soil and on bromegrass hay. Soil Till. Res. 48:91–101.

Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. 1976. Lime and Liming. Bulletin 35. Her Majesty's Stationery Office, London, 44 pp.

Reuss, J. O. and D. W. Johnson. 1986. Acid Deposition and the Acidification of Soils and Waters. Springer. New York. 119 pp.

Sposito, G. 1989. The Chemistry of Soils. Oxford University Press. New York. 277 pp.

Sposito, G. and A. Zabel. 2003. The assessment of soil quality. Geoderma 114:143–144.

Effect of Long-Term Application of Chemical Fertilizers on Soil pH in Different Cropping Systems[1]

Tseng-Wei Tan[2,3] and Kuei-Nuan Chen[2]

Abstract

Tan, T. W. and K. N. Chen. 2012. Effect of long-term application of chemical fertilizers on soil pH in different cropping systems. J. Taiwan Agric. Res. 61:355–360.

The objective of this study was to determine effect of long term application of chemical fertilizers on soil pH in different cropping systems. The long-term field experiment was conducted from 1987 to 2006 in a field of noncalcareous sandstone and slate alluvial soil at the farm of TARI. There were four treatments in this study, including rice monoculture, corn monoculture, rice-corn rotation and corn-rice rotation. The fertilizers for each rice crop were 124 kg N/ha, 140 kg P_2O_5/ha, and 70 kg K_2O/ha, whereas the fertilizers for each corn crop were 270 kg N/ha, 140 kg P_2O_5/ha, and 70 kg K_2O/ha. Results of the 20-year test showed that cropping systems have significant effects on pH values of soil and the maximum effect was the treatment of corn in monocropping, followed by the treatment of rice in monocropping, and the minimum effect in the treatments of rice-corn rotation and corn-rice rotation. The pH value of topsoil or subsoil was the highest in the treatment of rice monocropping, followed by the treatments of crop rotation, and the lowest in the treatment of corn monocropping. According to the relations between the pH value and the years, the pH value under rice monocropping and rice-corn rotation did not have progressively increasing or decreasing of soil pH year by year. However, the pH value of soil showed the drastic decreasing with years in the treatment of corn in monocropping. These results indicate that continuous monocropping of corn under dryland conditions and the application of high amount of ammonium-based N fertilizers for this crop are the major contributors to soil acidification. Therefore, pedogenic processes of paddy soils are important in maintaining the stability of soil pH and soil fertility in intensive agriculture.

Key words: Cropping system, Monoculture, Rotation, Soil pH.

---

1. Contribution No. 2675 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI), Council of Agriculture. Accepted: November 14, 2012.

2. Associate Researcher and Research Assistant, Agricultural Chemistry Division, TARI, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Corresponding author, e-mail: tsengweitan@tari.gov.tw; Fax: (04)23302805.

台 灣 農 業 研 究

第六十一卷　目　次

第一期

研究報告

陳鯤兆、吳昭慧、陳忠信、廖俊旺、楊正義、楊淑惠	銀耳多醣不織布敷料於大鼠創口癒合之功效	1
張坤城、邱輝龍、曾彥學、鄧書麟	台灣原生枇杷之遺傳親緣關係及分類研究	12
楊舜臣	農業研究人員對產學合作計畫之參與動機與滿意度研究	29
林毓雯、劉滄棽、陳吉村、湯雪溶、陳鴻堂、卓家榮、蔡正賢、林永鴻、張繼中、蔡淑珍、黃維廷	台灣地區蔬菜鎘、鉛濃度調查	38
邱金春、林子凱、林楨祐、夏奇鈮、王三太	芥藍與油菜種間雜種的獲得與鑑定	52
陳宗祺、張清安、康雅琪、葉錫東、黃春惠、陳金枝	Capsicum Chlorosis Virus 引起彩色海芋黃化斑點及條斑之鑑定	64

研究簡報

王清玲、謝玉貞、林鳳琪、蔣慕琰	雙條長葉蚤 (鞘翅目：金花蟲科) 之發生與防治長梗滿天星之潛力	75

第二期

研究報告

劉紹國、謝光照	不同型間超甜玉米果穗產量與甜度之組合力探討	81
李瑋崧、呂昀陞、陳美杏	稻草在秀珍菇栽培之應用	90
詹効松、羅子庭、陳威臣、夏奇鈮、蔡新聲	氮源型態及濃度對丹參毛狀根生長與丹參酮產量之影響	100

陳威臣、夏奇鈮、葉茂生、曹進義、蔡新聲	誘引劑對高氏柴胡懸浮細胞生長與柴胡皂苷含量累積之影響	112
廖國均、謝廷芳、陳宏榮	蝴蝶蘭貯運前藥劑處理對黃葉病發生之影響	124
林羿廷、廖吉彥、蔡錦慧、鄧汀欽	台灣瓜類退綠黃化病毒 RNA2 之全長核苷酸序列及其與現有株系的比較	132
錢景秦、張淑貞	臺灣蠅繭蜂 (*Opius caricivorae*) (膜翅目：小繭蜂科) 之形態與生活史	144

研究簡報

鄭玲蘭、James R. Nechols、David C. Margolies、James F. Campbell、楊平世、盧秋通、陳健忠	溫度對基徵草蛉 *Mallada basalis* (Neuroptera: Chrysopidae) 捕食神澤氏葉蟎 *Tetranychus kanzawai* 與柑桔葉蟎 *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae) 速率之影響	158

第三期

研究報告

錢景秦、張淑貞	寄主與齡期對臺灣蠅繭蜂 (*Opius caricivorae*) (膜翅目：小繭蜂科) 發育與產卵之影響	165
錢景秦、張淑貞	寄主與溫度對臺灣蠅繭蜂 (*Opius caricivorae*) (膜翅目：小繭蜂科) 族群增長與寄生能力之影響	172
劉紹國、謝光照	超甜玉米品種間遺傳距離與產量之相關性	186
劉季函、賴瑞聲、李宏謨、吳明哲	台灣黃蘗細胞懸浮培養生產小蘗鹼之研究	196
陳金枝、鄧汀欽、黃春惠、林碧雲、廖吉彥	台灣感染萵苣之 *Bidens mottle virus*：病毒鑑定及全長度基因體解序分析	209
何佳勳、楊純明、蕭巧玲、賴明信	抽穗至收穫期間氣象變因對水稻米質 (TNG 71) 之影響	222
林素禎、王朝儀、蘇慶昌	叢枝菌根菌與其他微生物在香蕉黃葉病防治之應用	241

研究簡報

戴廷恩、張耿衡、謝廷芳	生物可分解材料作為蝴蝶蘭栽培介質之可行性評估	250

第四期

研究報告

蕭翌柱、何婉綸	台灣金線連之天麻素萃取方法	259
詹岳魁、陳琦玲、吳泓書、林晉卿、侯平君、姚銘輝、許禎坤、陳建文、林朝欽	農業生態系長期研究場址無線感測器網路建置	269
羅惠齡、李碩朋、陳綉萍、蔡德琳、林照能、王三太、陳甘澍、楊堯文	台灣育成的花椰菜 F_1 商業栽培品種及其親本間遺傳歧異度之研究	285
陳淑佩、翁振宇、吳文哲	農業試驗所昆蟲標本館館藏粉介殼蟲標本名錄	298
錢景秦、張淑貞	藥劑對南美斑潛蠅 (*Liriomyza huidobrensis*) (雙翅目：潛蠅科) 及其臺潛蠅繭蜂 (*Opius caricivorae*) (膜翅目：小繭蜂科) 存活與生育力之影響	316
吳宗諺、蔡淑珍、黃禮棟	多醣預處理對冷凝除濕乾燥花椰菜品質之影響	330
張淑貞、石憲宗、路光暉	嗜菊短頭脊沫蟬 [*Poophilus costalis* (Walker, 1851)] (半翅目：沫蟬總科：尖胸沫蟬科) 之形態、取食及發育	343

研究簡報

譚增偉、陳桂暖	比較長期水旱田輪作或連作施用硫酸銨對於土壤酸鹼值之影響	355

JOURNAL
OF
TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH

(Formerly Journal of Agricultural Research of China)

Contents of volume 61

Number 1

Research Reports

Kun-Chao Chen, Jhaol-Huei Wu, Chung-Hsin Chen, Jiunn-Wang Liao, Chan-Yi Yang, and Shu-Hui Yang	Effect of *Tremella* Polysaccharides Nonwoven Dressing on Healing of Surgical Wounds of Rats	1
Kun-Cheng Chang, Hui-Lung Chiu, Yen-Hsueh Tseng, and Shu-Lin Deng	Phylogenetic and Taxonomic Study of Native *Eriobotrya* in Taiwan	12
Shen-Chen Yang	Study on Motivation and Satisfaction of Agricultural Researchers' Participation in Industry-University Cooperation Projects	29
Yu-Wen Lin, Tsang-Shen Liu, Chi-Tsun Chen, Hsueh-Jung Tang, Hong-Tang Chen, Jia-Rong Job, Jeng-Hsien Tsai, Yong-Hong Lin, Chi-Chung Chang, Shwu-Jene Tsai, and Wei-Tin Huang	Contents of Cadmium and Lead in Vegetable Crops Produced in Taiwan	38
Chin-Chun Chiou, Tzu-Kai Lin, Chen-Yu Lin, Chi-Ni Hsia, and San-Tai Wang	Identification of Interspecific Hybrids from Crosses between *Brassica oleracea* and *B. campestris*	52
Tsung-Chi Chen, Chin-An Chang, Ya-Chi Kang, Shyi-Dong Yeh, Chun-Huei Huang, and Chin-Chih Chen	Identification of Capsicum Chlorosis Virus Causing Chlorotic Spots and Stripes on Calla Lily	64

Research Note

Chin-Ling Wang, Yu-Chen Hsieh, Feng-Chyi Lin, and Mou-Yen Chiang	Occurrence of *Agasicles hygrophila* (Coleoptera: Chrysomelidae) and Its Potential for Biocontrol on Alligatorweed, *Alternanthera philoxeroides*	75

Number 2

Research Reports

Shao-Kuo Liu and Guang-Jauh Shieh	Combining Ability of Ear Yield and Sugar Content in Different Types of Super-Sweet Corn	81
Wei-Sung Li, Yun-Sheng Lue, and Mei-Hsing Chen	Rice Straw for Production of Phoenix-tail mushroom, *Pleurotus sajor-caju*	90
Hsiao-Sung Chan, Tzu-Ting Lo, Uei-Chern Chen, Chi-Ni Hsia, and Hsin-Sheng Tsay	Effect of Nitrogen Source on Biomass and Tanshinone Production of *Salvia miltiorrhiza* in Hairy Root Culture	100
Uei-Chern Chen, Chi-Ni Hsia, Mau-Shing Yeh, Chin-Yi Tsao, and Hsin-Sheng Tsay	Influence of Elicitors on Cell Proliferation and Saikosaponin Production of *Bupleurum kaoi* in Suspension Culture	112

Guo-Jun Liao, Ting-Fang Hsieh, and Hong-Rong Chen	Effect of Chemical Treatment on Prevention of Fusarium Yellow of Phalaenopsis Seedlings under Simulated Conditions of Shipment	124
Yi-Ting Lin, Jye-Yann Liao, Chin-Hui Tsai, and Ting-Chin Deng	Complete Nucleotide Sequence of RNA2 of *Cucurbit chlorotic yellows virus* Isolated from Melons in Taiwan and Its Comparisons with Currently Existing Isolates	132
Ching-Chin Chien and Shu-Chen Chang	Morphology and Life History of *Opius caricivorae* (Hymenoptera: Braconidae)	144

Research Note

Ling-Lan Cheng, James R. Nechols, David C. Margolies, James F. Campbell, Ping-Shih Yang, Chiu-Tung Lu, and Chien-Chung Chen	Effect of Temperature on Prey Consumption Rate of the Green Lacewing *Mallada basalis* (Walker) (Neuroptera: Chrysopidae) to Two Species of Pest Mites, *Tetranychus kanzawai* Kishida and *Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae)	158

Number 3

Research Reports

Ching-Chin Chien and Shu-Chen Chang	Effect of Host and Instar Preference on the Development and Oviposition of the Endoparasitoid *Opius caricivorae* (Hymenoptera: Braconidae)	165
Ching-Chin Chien and Shu-Chen Chang	Effect of Host and Temperature on Population Increase and Parasitism of *Opius caricivorae* (Hymenoptera: Braconidae)	172
Shao-Kuo Liu and Guang-Jauh Shieh	Relation between Genetic Distance and Yield in Different Varieties of Super Sweet Corn	186
Chi-Han Liu, Jui-Sheng Lai, Horng-Mo Lee, and Min-Tze Wu	Berberine Production in Cell Suspension Cultures of *Phellodendron amurense* Rupr. var. *wilsonii* (Hayata & Kanehira)	196
Chin-Chih Chen, Ting-Chin Deng, Chun-Huey Huang, Bi-Yun Lin, and Jye-Yann Liao	*Bidens mottle virus* Infecting Lettuce in Taiwan: Identification and Sequence Analysis of Full-Length Viral Genome	209
Chia-Hsun Ho, Chwen-Ming Yang, Chiao-Ling Hsiao, and Ming-Hsing Lai	Effect of Climatic Conditions during Heading to Harvest Stage on Quality of Rice Cultivar TNG 71	222
Su-Chen Lin, Chao-Yi Wang, and Ching-Chung Su	Using Arbuscular Mycorrhizal Fungus and Other Microorganisms for Control of *Fusarium* Wilt of Banana	241

Research Note

Ting-En Dai, Keng-Heng Chang, and Ting-Feng Hsieh	Evaluating Biodegradable Materials as Phalaenopsis Growing Media	250

Number 4

Research Reports

Yih-Juh Shiau and Wan-Lun Ho	Method for Extraction of Gastrodin in *Anoectochilus formosanus* Hayata	259
Yueh-Kuei Chan, Chi-Ling Chen, Hong-Shu Wu, Chin-Ching Lin, Ping-Chun Lucy Hou, Ming-Hwi Yao, Jen-Kuan Shii, Chien-Wen Chen, and Chau-Chin Lin	Cyberinfrastructure for Long-Term Ecological Research on Agricultural Ecosystem	269

Hui-Ling Lo, Shough-Peng Lee, Xiu-Ping Chen, De-Lin Cai, Jaw-Neng Lin, San-Tai Wang, Kan-Shu Chen, and Yau-Wen Yang	Studies on Genetic Variation among Commercial Cultivars and Parental Lines of Cauliflower in Taiwan	285
Shu-Pei Chen, Jen-Yu Wong, and Wen-Jen Wu	List of Pseudococcidae (Hemiptera: Coccoidea) Deposited at the Insect Collection of Taiwan Agricultural Research Institute (TARI)	298
Ching-Chin Chien and Shu-Chen Chang	Effect of Insecticides on Survival and Fertility of *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) and Its Parasitoid, *Opius caricivorae* (Hymenoptera: Braconidae)	316
Tsung-Yen Wu, Shwu-Jene Tsai, and Li-Duhng Huarng	The Effects of Polysaccharide Pretreatments on the Qualities of Condensation Dehumidification Drying Cauliflower	330
Shu-Chen Chang, Hsien-Tzung Shih, and Kuang-Hui Lu	Morphology, Feeding and Development of the Spittlebug *Poophilus costalis* (Walker, 1851) (Hemiptera: Cercopoidea: Aphrophoridae)	343

Research Note

Tseng-Wei Tan and Kuei-Nuan Chen	Effect of Long-Term Application of Chemical Fertilizers on Soil pH in Different Cropping Systems	355

台 灣 農 業 研 究

作者索引

王三太 52, 285
王清玲 75
王朝儀 241
石憲宗 343
何佳勳 222
何婉綸 259
吳文哲 298
吳宗諺 330
吳明哲 196
吳泓書 269
吳昭慧 1
呂昀陞 90
李宏謨 196
李瑋崧 90
李碩朋 285
卓家榮 38
林子凱 52
林永鴻 38
林羿廷 132
林晉卿 269
林素禎 241
林朝欽 269
林楨祐 52
林毓雯 38
林照能 285
林碧雲 209
林鳳琪 75
邱金春 52
邱輝龍 12
侯平君 269
姚銘輝 269
夏奇鈮 52, 100, 112
翁振宇 298
康雅琪 64
張坤城 12
張耿衡 250
張清安 64
張淑貞 144, 165, 172, 316, 343
張繼中 38
曹進義 112
許禎坤 269
陳甘澍 285
陳吉村 38
陳宏榮 124
陳宗祺 64
陳忠信 1
陳金枝 64, 209
陳威臣 100, 112
陳建文 269
陳美杏 90
陳桂暖 355
陳健忠 158
陳淑佩 298
陳琦玲 269
陳鴻堂 38
陳鯤兆 1
陳綉萍 285
曾彥學 12
湯雪溶 38
黃春惠 64, 209
黃維廷 38
黃禮棟 330
楊平世 158
楊正義 1
楊純明 222

楊淑惠	1
楊堯文	285
楊舜臣	29
葉茂生	112
葉錫東	64
詹岳魁	269
詹効松	100
路光暉	343
廖吉彥	132, 209
廖俊旺	1
廖國均	124
劉季函	196
劉紹國	81, 186
劉滄棽	38
蔣慕琰	75
蔡正賢	38
蔡淑珍	38, 330
蔡新聲	100, 112
蔡德琳	285
蔡錦慧	132
鄭玲蘭	158
鄧汀欽	132, 209
鄧書麟	12
盧秋通	158
蕭巧玲	222
蕭翌柱	259
賴明信	222
賴瑞聲	196
錢景秦	144, 165, 172, 316
戴廷恩	250
謝玉貞	75
謝光照	81, 186
謝廷芳	124, 250
羅子庭	100
羅惠齡	285
譚增偉	355
蘇慶昌	241

JOURNAL OF TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH

(Formerly Journal of Agricultural Research of China)

Authors Index

Cai, De-Lin	285
Chan, Hsiao-Sung	100
Chan, Yueh-Kuei	269
Chang, Chi-Chung	38
Chang, Chin-An	64
Chang, Keng-Heng	250
Chang, Kun-Cheng	12
Chang, Shu-Chen	144, 165, 172, 316, 343
Chen, Chien-Chung	158
Chen, Chien-Wen	269
Chen, Chi-Ling	269
Chen, Chin-Chih	64, 209
Chen, Chi-Tsun	38
Chen, Chung-Hsin	1
Chen, Hong-Rong	124
Chen, Hong-Tang	38
Chen, Kan-Shu	285
Chen, Kuei-Nuan	355
Chen, Kun-Chao	1
Chen, Mei-Hsing	90
Chen, Shu-Pei	298
Chen, Tsung-Chi	64
Chen, Uei-Chern	100, 112
Chen, Xiu-Ping	285
Cheng, Ling-Lan	158
Chiang, Mou-Yen	75
Chien, Ching-Chin	144, 165, 172, 316
Chiou, Chin-Chun	52
Chiu, Hui-Lung	12
Dai, Ting-En	250
David C. Margolies	158
Deng, Shu-Lin	12
Deng, Ting-Chin	132, 209
Ho, Chia-Hsun	222
Ho, Wan-Lun	259
Hou, Ping-Chun Lucy	269
Hsia, Chi-Ni	52, 100, 112
Hsiao, Chiao-Ling	222
Hsieh, Ting-Fang	124, 250
Hsieh, Yu-Chen	75
Huang, Chun-Huei	64, 209
Huang, Wei-Tin	38
Huarng, Li-Duhng	330
James F. Campbell	158
James R. Nechols	158
Job, Jia-Rong	38
Kang, Ya-Chi	64
Lai, Jui-Sheng	196
Lai, Ming-Hsing	222
Lee, Horng-Mo	196
Lee, Shough-Peng	285
Li, Wei-Sung	90
Liao, Guo-Jun	124
Liao, Jiunn-Wang	1
Liao, Jye-Yann	132, 209
Lin, Bi-Yun	209
Lin, Chau-Chin	269
Lin, Chen-Yu	52

Lin, Chin-Ching 269
Lin, Feng-Chyi 75
Lin, Jaw-Neng 285
Lin, Su-Chen 241
Lin, Tzu-Kai 52
Lin, Yi-Ting 132
Lin, Yong-Hong 38
Lin, Yu-Wen 38
Liu, Chi-Han 196
Liu, Shao-Kuo 81, 186
Liu, Tsang-Shen 38
Lo, Hui-Ling 285
Lo, Tzu-Ting 100
Lu, Chiu-Tung 158
Lu, Kuang-Hui 343
Lue, Yun-Sheng 90
Shiau, Yih-Juh 259
Shieh, Guang-Jauh 81, 186
Shih, Hsien-Tzung 343
Shii, Jen-Kuan 269
Su, Ching-Chung 241
Tan, Tseng-Wei 355
Tang, Hsueh-Jung 38
Tsai, Chin-Hui 132
Tsai, Jeng-Hsien 38
Tsai, Shwu-Jene 38, 330
Tsao, Chin-Yi 112
Tsay, Hsin-Sheng 100, 112
Tseng, Yen-Hsueh 12
Wang, Chao-Yi 241
Wang, Chin-Ling 75
Wang, San-Tai 52, 285
Wong, Jen-Yu 298
Wu, Hong-Shu 269
Wu, Jhaol-Huei 1
Wu, Min-Tze 196
Wu, Tsung-Yen 330
Wu, Wen-Jen 298
Yang, Chan-Yi 1
Yang, Chwen-Ming 222
Yang, Ping-Shih 158
Yang, Shen-Chen 29
Yang, Shu-Hui 1
Yang, Yau-Wen 285
Yao, Ming-Hwi 269
Yeh, Mau-Shing 112
Yeh, Shyi-Dong 64

台 灣 農 業 研 究

關鍵詞索引

ITS序列	12
*matK*序列	12
*Tospovirus*屬病毒	74
二階段培養	100
土壤酸鹼度	355
小蘗鹼	196
丹參	100
丹參酮	100
分子標記	285
化學組成	222
反轉錄聚合酶鏈式反應	143
天麻素	259
毛狀根	100
水苔	250
台灣	75
台灣枇杷	12
台灣金線連	259
台灣黃蘗	196
外部形態	144
瓜類退綠黃化病毒	143
生物防治	75, 164
生物效率	90
生物轉化率	90
生活史	144
生態後設資料語言	269
生態資訊學	269
全長度基因體	209
多醣	330
多醣不織布	1
米質	222
冷凝除濕乾燥機	330
形態	343
秀珍菇	90
取食木質部昆蟲	343
取食行為	164
泥炭土	250
沫蟬	343
油菜	52
物理特性	222
花椰菜	285
芥藍	52
長梗滿天星	75
長期生態研究	269
非洲菊斑潛蠅	165
南美斑潛蠅	165, 172, 316
咸豐草斑紋病毒	209
品種	285
胚拯救	52
食品安全	38
香蕉	241
捕食性昆蟲-獵物交互作用	164
捕食速率	164
柴胡皂苷	112
氣象變因	222
粉介殼蟲	315
耕作制度	355
高氏柴胡	112
高效液相層析	196
動物模式	1
參與動機	29
寄生蜂	316
彩色海芋病毒病	74
族群增長	172
產量	90

產學合作 29
組合力 81
脫水花椰菜 330
連作 355
創傷敷料 1
創新機制 29
幾丁聚糖 124
斑潛蠅 316
氮源 100
無線感測器網路 269
番椒黃化病毒 74
發育期 343
萃取 259
超甜玉米 81, 186
黃葉病 124, 241
嗜菊短頭脊沫蟬 343
椰纖 250
溫度 172
溫帶型 81, 186
葉蟎 164
萵苣 209
農業生態系 269
農業試驗所 315
鉛 38
滿意度 29
種間雜種 52
聚乳酸 250
聚群分析 186
誘引劑 112
銀耳 1
撲克拉錳 124
模擬貯運 124
熱帶型 81, 186
稻草 90
蔬菜作物 38
蔬菜斑潛蠅 144, 165, 172
蝴蝶蘭 124
輪作 355
熵圖 143
樹皮 250
親緣分析 143
親緣關係 12
遺傳歧異度 285
館藏標本 315
薔薇科 12
叢枝菌根菌 241
癒合組織 196
臺潛蠅釉蜂 144, 165, 172, 316
蛹期 316
鎘 38
雙條長葉蚤 75
雜種優勢 81
藥用植物 112
藥劑 316
關鍵生育期 222
懸浮細胞 196
懸浮細胞培養 112
齡期偏好 165

JOURNAL OF TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH

(Formerly Journal of Agricultural Research of China)

Keywords Index

Agasicles hygrophila 79
Agricultural ecosystem 284
Alternanthera philoxeroides 79
Animal model 11
Anoectochilus formosanus Hayata 268
Arbuscular mycorrhizae 249
Banana 249
Bark 257
Berberine 208
Bidens mottle virus 221
Biocontrol 79
Biological control 159
Biological conversion rate 99
Biological efficiency 99
Brassica campestris ssp. *chinensis* 63
Brassica oleracea var. *alboglabra* 63
Bupleurum kaoi 123
Cadmium 51
Callus 208
Cell suspension 208
Capsicum chlorosis virus (CaCV) 64
Cauliflower 297
CCYV 132
Cell suspension culture 123
Chemical composition 240
Chitosan 131
Climatic variable 240
Coconut fiber 257
Combining ability 89
Condensation dehumidification dryer 342
Cropping system 360
Dehydrated cauliflower 342
Development stages 329
Development time 354
Ecoinformatics 284
Ecological metadata language (EML) 284
Elicitor 123
Embryo rescue 63
Entropy plot 132
Eriobotrya deflexa 28
Extraction 268
Feeding behavior 159
Food safety 51
Full-length genomic sequences 221
Fusarium oxysporum f. sp. *cubense* 249
Fusarium solani 131
Fusarium wilt 249
Gastrodin 268
Genetic distance 195
Genetic diversity 297
Glomus clarum 249
Hairy root 111
Heterotic pattern 89
High performance liquid chromatograph (HPLC) 208
Industry-university cooperation 37
Innovation 37
Insecticide 329

Instars preference 171
Interspecific hybridization 63
ITS sequences 28
Key growth stage 240
Lead 51
Leafminer 329
Lettuce 221
Life history 157
Liriomyza huidobrensis 171, 185, 329
Liriomyza sativae 157, 171, 185
Liriomyza trifolii 171
Long-term ecological research (LTER) 284
matK sequences 28
Medicinal plant 123
Molecular marker 297
Monoculture 360
Morphology 157, 354
Motivation 37
Musa acuminata 249
Nitrogen sources 111
Opius caricivorae 157, 171, 185, 329
Parasitoid 329
Peat moss 257
Phalaenopsis 131
Phellodendron amurense var. *wilsonii* 208
Phylogenetic analysis 132
Phylogeny 28
Physical characteristics 240
Phytophagous mites 159
Pleurotus sajor-caju 99
Polyacetic acid 257
Polysaccharide 342
Polysaccharides nonwoven 11
Poophilus costalis 354
Population increase 185
Predation rate 159
Predator-prey interaction 159
Prochlorate manganese 131
Pseudococcidae 298
Rice quality 240
Rice straw 99
Rosaceae 28
Rotation 360
RT-PCR 132
Saikosaponin 123
Salvia miltiorrhiza 111
Satisfaction 37
Simulated shipment conditions 131
Slide-mounted specimens 298
Soil pH 360
Sphagnum moss 257
Spittlebug 354
Super sweet corn 89, 195
Taiwan Agricultural Research Institute (TARI) 298
Taiwan 79
Tanshinone 111
Temperate type 89, 195
Temperature 185
Tospovirus 64
Tremella fuciformis 11
Tropical type 89, 195
Two-stage feeding model 111
Variety 297
Vegetable crops 51
Virus disease of calla lily 64
Wireless sensing network (WSN) 284
Wound dressing 11
Xylem-feeding insects 354
Yield 99

「台灣農業研究」稿約

一、 本刊為行政院農業委員會農業試驗所發行之學術性季刊，刊登農業試驗研究相關之研究稿件：

論　　說：由本所邀請專家撰寫。

研究報告：關於農業科學未曾發表之研究報告，按題目、作者、摘要、前言、材料與方法、結果、討論、結論 (一般略去)、誌謝 (可略去)、引用文獻等依序撰寫，圖與表附於其後，全文以不超過 10印刷頁為原則。

研究簡報：關於農業科學未曾發表之簡短原始研究報告，不須分章節撰寫，但須附中英文摘要，全文以不超過 4印刷頁為原則。

二、 稿件應以中文或英文撰寫。來稿請送原稿及電子檔案各一份 (內各附照片原圖，繪製圖版可附原圖與影印圖片二份)。文稿以 A4大小之白色紙張 (長 29.6公分，寬 21公分) 兩倍行高 (double space) 打字， 12號字體，左邊對齊，版面應上下預留 3公分，左右 2公分之空間，並自第二頁起在右下角以阿拉伯數字註明頁數。撰寫時，中文以細明體、英文以 Times New Roman字體打字；英文字距一格，句距二格。審查接受之稿件，隨文請附紙本文稿一份與電子檔案，以利送審及電腦排版等作業。

三、 稿件格式：

題　　目：宜簡短，能充分反應文旨，並附簡題 (Running title) (中文 12字；英文 6字以內為原則)。英文題目除介系詞、連接詞等字外，每字第一字母應大寫。題目附小註，說明研究報告編號。

作　　者：作者姓名置中，中文名字間空一格；英文姓名則名在前姓氏在後，作者二人或二人以上時，以 “，” 相隔，最後一人前加 “and” 字樣，其表示方法如 Chen-Seng Huang, Chen-Chang Chen, and Chyr-Guan Chen。每一作者須附小註，以說明所屬機關單位，通訊作者須附電子郵件信箱與傳真機號碼。題目與作者同置第一頁。

摘　　要：不分段落、宜簡潔明確。摘要之前應加作者、年代、題目、期刊、及卷期，摘要之後應附關鍵詞 (Key words)，關鍵詞不超過 5個，每個英文關鍵詞第一字母應大寫。摘要以不超過 500字為原則。以中 (英) 文發表者須附英 (中) 文摘要，置於本文之後，且內容須與中 (英) 文摘要相符，並附稿件編號、作者、通訊作者之小註。

本　　文：依序為前言 (Introduction)、材料與方法 (Materials and Methods)、結果 (Results)、討論 (Discussion)、結論 (Conclusion)、誌謝 (Acknowledgements)、引用文獻 (Literature Cited)。除學名、專有名詞、化學式、數學公式、數字、度量衡單位及縮寫外，文句中不得中外文並用，需使用英 (外) 文以助明瞭時，須將英 (外) 文括號置於中文之後。材料與方法、結果兩部份如有必要須分章節，每一章節內並可再分小章節，以助明瞭文稿內容。章節題目 (heading) 單行置於該章節之前，小章節題目 (subheading) 直接置於小章節之首。

表　　格：

1、 每一表格應分別繕製，須以 WORDR中 “表格” 工具製作，上方須有標題，並按文中出現順序加上**表 1. (Table 1.)**，**表 2. (Table 2.)** 等冠號。

2、 中文稿之表格標題應中英文並列，冠號與表幅齊頭，表內項目及內容以英文書寫。英文標題及各欄英文細目，除第一字之第一字母大寫外，餘均小寫。

3、 表格應加分析、簡化與歸納後始可列表。每一表格應在文中標示清楚，以便對照。

4、 表中內容如需說明，均須附加小註，以 z, y, x,…等縮小小寫字母置於右上角，並於表下依次敘述。表格僅列橫線。

5、性質類同之圖與表，務請精簡與合併。

圖　　片：

1、手繪圖版以黑色墨水分別繪圖紙或描繪紙 (白色透明紙) 上。如以電腦繪圖，請以鐳射印表機或同規格之印表機列印，力求清晰。

2、圖中所有標示應以英文書寫 (Arial字型) 或註明於標題之後。

3、照片以光面紙爲原則，清晰度以縮小 50%可判讀爲宜。多幅照片儘量製成併版；如有特別指明，應加圈或箭頭表明。顯微照相，應加比例尺大小；照片大小以不超過版面 (25 cm × 18 cm) 爲宜。

4、圖版及照片下方應有標題，並按文中出現的順序加上**圖 1. (Fig. 1.)**、**圖 2. (Fig. 2.)** 等冠號，在文中須標示清楚，以便對照。中文稿標題應中英文併列，力求明確。

5、除併圖外，每一圖片應單頁製作。

6、照片、圖片背面應註上冠號及作者姓名，以免排印錯誤。

誌　　謝：不分段落，包括人物、經費來源等。誌謝可略去。

引用文獻：

1、列舉確實曾引用之文獻。文獻以登載於學術性期刊、書籍、研討會之文章及學位論文爲限。文中涉及引用文獻時，根據該文獻的作者與年代加以括號：如 (Sung 1991)、(Lo 1991, 1992)、(Chen & Ho 1983)、(Sung 1991; Hsu *et al*. 1992)，以年代先後爲序置於引用文處。

2、文獻須以英文撰寫，以姓名字母爲序。作者相同時以年代先後爲序。

3、文獻之書寫方法以期刊爲例，依序爲作者、年代、題目、期刊、卷期、頁數。

4、期刊名須依該期刊公告之縮寫撰寫；如無者，請參照 Biosciences Information Service (1992) 出版之 "Serial Sources for the BIOSIS Previews Database" 或依該學術領域之慣例撰寫。

5、文獻書寫範例如下：

(1) 原中文報告引用文獻出自學術性期刊 Hsu, S. H., T. Y. Chung, T. C. Kuo, and S. F. Wang. 1992. Studies on the micro-climate of greenhouse. I. Light environment of greenhouse. J. Agric. China 157:34–43. (in Chinese with English abstract)

(2) 原中文報告引用文獻出自著作性書籍 Sung, J. M. 1991. Nitrogen Metabolism of Rice. Chinese Agronomy Press. Taipei. 100 pp. (in Chinese)

(3) 原中文報告引用文獻出自編輯性書籍 Yang, C. M. and C. Y. Lin. 2003. Studies on rice precision farming system. p.1–12. *in*: Rice Precision Farming System. (Yang, C. M. and C. Y. Lin, eds.) Agric. Res. Inst. Pub. No. 105. Taichung. 252 pp. (in Chinese with English abstract)

(4) 原中文報告引用文獻出自研討會專刊 Chang C. A. 2001. Application and extension of virus-free seedling for the control of virus diseases of passionfruit in Taiwan. p.31–38. *in* the Proceeding of Symposium on Application of Healthy Plant for Control of Plant Diseases. Taiwan Phytopathol. Soc. Pub. Taichung. (in Chinese with English abstract)

四、 單位、縮寫格式、括號及統計分析

1、凡文中出現之數值，除非另有特別之意義，一律用阿拉伯數字書寫。單位如以英文表示，則用國際公認標準符號 (SI units) 代替全文，各常用之縮寫單位參照說明如下：

(1) 長度：公里 (km)、公尺 (m)、公分 (=厘米) (cm)、公釐 (=毫米) (mm)、微米 (μm)。

(2) 重量 (W)：公斤 (kg)、公克 (g)、毫克 (mg)、μg。

(3) 容積 (V)：公升 (L)、公撮 (=毫升) (mL)、μL。

(4) 面積：公頃 (ha)、平方公尺 (m^2)、平方公分 (cm^2)。
(5) 溫度：攝氏 (℃)、絕對溫度 (K，但須加以說明)。
(6) 時間：日 (天) (d)、時 (h)、分 (min)、秒 (s)。
(7) 濃度：莫耳 (M)、千分之一莫耳 (mM)、當量 (N)、千分之一當量 (mN)。
(8) 重力加速度：*g*。

2、其他之縮寫：平均 (av)、大約 (ca)、直徑 (diam.)。

3、括號：括號字型全以半形 ( )，括號前後各空一格。

4、統計分析：達顯著性水準以 *、**或處理間顯著差異區分，以 a、b、c、…表示者均應加註顯著機率值 P (例如 $P < 0.01$)；各統計量請採慣用符號，例如相關係數 (r) 、決定係數 (R2)、變異係數 (cv)、標準差 (sd)、平均值標準差 (se) 等。

5、其他問題：
(1) 單位與其前面數值之間應空一格，如 220 g。
(2) 數學運算符號與其前後數值之間應各空一格，如 P = 0.014、23.6 ± 3.0、15 × 2。
(3) 在±、×或 to的前後兩數值若是含有單位，請用 23.6% ± 3.0%、15 cm × 2 cm、20°C to 30°C (即勿省略前面數值之單位)。
(4) 數值起迄符號用 – (全型破折號)，勿用 ~或-，且與前後兩數值之間無須留空格，如 3–6、2005–2007年、7月 20–25日。
(5) 年代一律用西元。

五、 其他注意事項

1. 生物學名以斜體字表示，屬名第一字母大寫。學名於摘要、本文、每一圖表中第一次出現時，須寫全名，如 *Citrus sinensis*；第二次出現時，屬名保留第一字母後加句點 “.” ，種名全寫，如 *C. sinensis*。生物學名於本文中首次出現時應加註命名者。
2. 中文稿件中，外文名詞應儘量翻譯成中文，若是不常見名詞應於文中第一次出現時以括號標出原文。摘要及本文中，英文縮寫於第一次出現時，須附全名。

六、 投稿方式

1. 稿件內容務須依照上列規定格式書寫，本期刊編輯委員保有修改與退稿之權利。文稿經本期刊接受後，作者得送含文稿內容之磁片或電子檔案 (IBM相容電腦之文書管理檔，如 Word檔或其他) ，並由作者負責前二校。除筆誤與錯字外，作者在校稿時，不得擅自更改內容與數據。
2. 審稿程序請上網參閱本期刊「論文審查制度流程」，網址： http://www.tari.gov.tw/。

七、 文稿必須是作者本身的著作，且作者爲唯一的著作權擁有者，否則因此引發之法律責任將由作者負責。投稿應爲未經刊登之文章，亦不得一稿多投。投稿需經所有作者同意。稿件經本期刊接受後，投稿人需繳交「著作權讓與書」，如未提供者，本期刊不予刊登。著作財產權屬農試所所有，非經本所書面同意，不得轉載或移轉他處發表。本期刊有權對文稿進行必要之詞句修改。

八、 其他未盡事宜本期刊得隨時修正或補充。

台　灣　農　業　研　究

（原中華農業研究）

第六十一卷　第四期

中華民國一○一年十二月出版

發 行 人：陳 駿 季
總 編 輯：方 尚 仁
主　　編：陳 盈 佑　吳 宜 晏
編審委員：
生 技 組：吳 明 哲（主審）
作 物 組：歐 錫 坤（主審）
黃 肇 家　楊 純 明　施 昭 彰
農 化 組：郭 鴻 裕（主審）
簡 宣 裕　劉 滄 棽
植 病 組：安 寶 貞（主審）
鄧 汀 欽
應 動 組：高 靜 華（主審）
陳 健 忠
農 工 組：林 木 連（主審）
黃 禮 棟
種 原 組：溫 英 杰（主審）
農 經 組：張 采 蘋（主審）
花卉中組：謝 廷 芳（主審）
嘉義分組：楊 宏 仁（主審）
鳳山分組：陳 甘 樹（主審）

另聘請各大學院校及研究機關相關學者專家擔任審查委員

Vol. 61, No. 4 December, 2012

JOURNAL
OF
TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH
(Formerly Journal of Agricultural Research of China)

PUBLISHER: Chen, Junne-Jin

EDITOR IN CHIEF: Fang, Shan-Jen

EDITORS:

Chen, Ying-You Wu, Yi-Yan

EDITORIAL BOARD:

Ann, Pao-Jen (Plant Pathology)
Chang, Tsai-Ping (Agriculture Economics)
Chen, Kan-Shu (Tropical Horticulture)
Guo, Horng-Yuh (Agriculture Chemistry)
Hsieh, Ting-Feng (Floriculture)
Kao, Ching-Hua (Applied Zoology)
Lin, Mu-Lien (Agriculture Engineering)
Ou, Shyi-Kuan (Crop Science)
Wen, Ien-Chie (Crop Genetic Resources)
Wu, Min-Tze (Biotechnology)
Yang, Hong-Ren (Subtropical Agirculture)

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

Chen, Chien-Chung
Chien, Shiuan-Yuh
Deng, Ting-Chin
Hung, Chao-Chia
Huang, Li-Duhng
Liu, Tsang-Sen
Shih, Jau-Chang
Yang, Chwen-Ming

Reviewers of the related fields are also invited from universities and other research organizations.

誌謝

本學術期刊刊載農業研究成果報告，無論篇幅與內容上，均有明顯之成長與進步，深受國內外農業界支持。謹此，對今年參與本刊稿件評審工作的諸位評審委員（如下列；依姓名筆劃順序），表示誠摯之謝意與感激！

方　煒	王俊權	古明萱
朱耀沂	何政坤	何韻詩
吳文哲	李達源	杜宜殷
林順福	邱義源	金石文
洪挺軒	洪傳揚	胡澤寬
耿　筠	張有明	張念台
張碧芳	許如君	郭昭麟
郭美華	郭寶錚	陳宗禮
陳姿伶	陳尊賢	陳煜焜
章加寶	傅以中	彭金騰
黃文理	黃裕銘	黃鴻章
楊曼妙	楊雯如	萬一怒
葉信宏	詹富智	鄔家琪
趙震慶	鄭大可	鄭明倫
蕭旭峰	戴淑美	鍾仁賜
嚴永福	嚴新富	蘇正德

台灣農業研究第六十一卷第四期

出 版 者：行政院農業委員會農業試驗所

發 行 人：陳駿季

總 編 輯：方尚仁

地　　址：41362 台中市霧峰區萬豐里中正路189號

網　　址：http://www.tari.gov.tw

電　　話：(04)23302301

出版日期：中華民國一〇一年十二月三十日

定　　價：新臺幣一七五元

展售門市：

1. 國家圖書 / 104 台北市松江路209號1樓　(02)25180207
   國家網路書店 http://www.govbooks.com.tw
2. 五南文化廣場 / 400 台中市中山路6號　(04)22260330

編　　印：Airiti Press Inc.

地　　址：23452 新北市永和區成功路一段80號18樓

電　　話：(02)29266006

E-mail：press@airiti.com

ISSN 0022-4847
GPN 2009500560

December, 2012

Journal of Taiwan Agricultural Research

(Formerly Journal of Agricultural Research of China)

Vol. 61, No. 4

Research Reports

Method for Extraction of Gastrodin in *Anoectochilus formosanus* Hayata
Yih-Juh Shiau and Wan-Lun Ho 259

Cyberinfrastructure for Long-Term Ecological Research on Agricultural Ecosystem
Yueh-Kuei Chan, Chi-Ling Chen, Hong-Shu Wu, Chin-Ching Lin, Ping-Chun Lucy Hou, Ming-Hwi Yao, Jen-Kuan Shii, Chien-Wen Chen, and Chau-Chin Lin 269

Studies on Genetic Variation among Commercial Cultivars and Parental Lines of Cauliflower in Taiwan
Hui-Ling Lo, Shough-Peng Lee, Xiu-Ping Chen, De-Lin Cai, Jaw-Neng Lin, San-Tai Wang, Kan-Shu Chen, and Yau-Wen Yang 285

List of Pseudococcidae (Hemiptera: Coccoidea) Deposited at the Insect Collection of Taiwan Agricultural Research Institute (TARI)
Shu-Pei Chen, Jen-Yu Wong, and Wen-Jen Wu 298

Effect of Insecticides on Survival and Fertility of *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) and Its Parasitoid, *Opius caricivorae* (Hymenoptera: Braconidae)
Ching-Chin Chien and Shu-Chen Chang 316

The Effects of Polysaccharide Pretreatments on the Qualities of Condensation Dehumidification Drying Cauliflower
Tsung-Yen Wu, Shwu-Jene Tsai, and Li-Duhng Huarng 330

Morphology, Feeding and Development of the Spittlebug *Poophilus costalis* (Walker, 1851) (Hemiptera: Cercopoidea: Aphrophoridae)
Shu-Chen Chang, Hsien-Tzung Shih, and Kuang-Hui Lu 343

Research Note

Effect of Long-Term Application of Chemical Fertilizers on Soil pH in Different Cropping Systems
Tseng-Wei Tan and Kuei-Nuan Chen 355

Published by Taiwan Agricultural Research Institute,
Council of Agriculture Taichung, Taiwan, Republic of China

行政院新聞局出版事業登記證局版臺省誌字第二九八號 中華郵政中臺字第〇三〇九登記為雜誌交寄

ISSN 0022-4847
9 770022 484003
GPN 2009500560
定價：新台幣一七五元